



DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-4-510-519

УДК 582.26/27:546.3/7Т:556.531(597)

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИБРЕЖНОЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ РЕКИ ШЕРЕПОК

Кьонг Тхе Нго, С.В. Золотокопова

Астраханский государственный технический университет
ул. Татищева 16, Астрахань, Россия, 414056

Изучены особенности накопления цинка, меди, железа, свинца, кадмия, мышьяка в стеблях и корнях тростника обыкновенного и гиацинта водного, произрастающих во Вьетнаме в р. Шерепок. Показано влияние на накопление тяжелых металлов прибрежной водной растительностью степени загрязненности водоема. Дана количественная оценка накопления тяжелых металлов прибрежной водной растительностью в сухой и влажный сезоны. В период исследований было установлено, что в сухой сезон в границах промышленного района в корнях тростника обыкновенного больше, чем в корнях водного гиацинта накапливается цинка, меди, железа и кадмия, эти же металлы накапливаются больше в стеблях водного гиацинта, чем в стеблях тростника. Свинец и мышьяк больше накапливаются в стеблях и корнях водного гиацинта, чем в стеблях и корнях тростника. Во влажный сезон в границах промышленного района цинка, меди, железа и кадмия больше накапливается в стеблях и корнях водного гиацинта, а свинец и мышьяк в стеблях и корнях тростника.

Ключевые слова: тяжелые металлы, прибрежная водная растительность, водный гиацинт, тростник обыкновенный, накопление, промышленная зона, сухой и влажный сезоны

В настоящее время из-за сбросов в водоемы недоочищенных стоков их экологическое состояние ухудшается.

Основные источники загрязнения водоемов — хозяйственно-бытовые, промышленные и сельскохозяйственные стоки. Они содержат большое количество не только органических веществ, но и тяжелых металлов. Особой формой загрязнения является эвтрофирование водоемов, т.е. обогащение их биогенными веществами, что приводит к интенсивному развитию водорослей и прибрежных растений. Это чаще всего происходит за счет поступления в водоемы бытовых и сельскохозяйственных стоков.

Способность водной растительности к накоплению тяжелых металлов делает их активными участниками процесса самоочищения природных вод. Способность высших водных растений накапливать вещества в концентрациях, превышающих фоновые значения, позволила использовать их в системе мониторинга и контроля за состоянием окружающей среды. Высокая поглощательная способность водных растений делает их идеальными тестовыми объектами для определения антропогенных химических нагрузок на водоем. Кроме того, высшим водным растениям свойственна избирательность в накоплении не только макро-, но и микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов [1].

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что использование способностей водных растений накапливать тяжелые металлы для снижения их концентрации в среде может быть одним из эффективных способов биологической очистки воды. Очевидно, с этой точки зрения наиболее перспективными могут быть макрофиты, которые способны аккумулировать высокие концентрации металлов, интенсивно расти, обладать достаточной устойчивостью к повышенному содержанию металлов [2].

Процессы миграции и аккумуляции веществ лежат в основе процессов, которые раскрывают картину благополучия или неблагополучия определенной территории в геохимическом отношении при природно-антропогенном воздействии. Все указанные факторы формируют качество поверхностных вод и их способность к самоочищению, а также подтверждают необходимость оценки химического состава не только поверхностных вод, но и донных отложений [3].

В настоящее время, сброс сточных вод из двух промышленных районов Хоа-Фу и Там-Тханг в р. Шерепок, ведут к серьезной опасности загрязнения реки. Поэтому, необходимо провести изучение состояния загрязнения р. Шерепок в устье протекания через промышленные районы Хоа-Фу и Там-Тханг.

Цель исследования: изучить накопление тяжелых металлов прибрежной водной растительностью реки Шерепок.

Материалы и методы исследования

Материалом исследований служили стебли и корни водного гиацинта (*Eichhornia crassipes*) и тростника обыкновенного (*Phragmites Australis*), которые широко распространены в водоемах Вьетнама. Пробы отбирались в сухой и влажный сезоны.

Пробы прибрежной водной растительности отбирались в четырех зонах р. Шерепок в 4,8 км выше границы промышленного района Хоа-Фу, районе выращивания кофе (зона 1 — табл. 1), в границах промышленных районов Хоа-Фу и Там Тханг (зона 2), в водохранилище ДрейХлинь, расположенном в 7,5 км ниже границы промышленного района Там Тханг (зона 3) и в водохранилище Шерепок 3. Анализ содержания тяжелых металлов в пробах воды, донных отложений проводили стандартными методами исследования. Содержание тяжелых металлов в гидробионтах определяли атомно-абсорбционным методом.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение

Для исследования выбраны прибрежно-водные растения широко распространенные во Вьетнаме: тростник обыкновенный, который относится к водно-воздушной растительности, корневища его плотно прикрепляются ко дну и водный гиацинт — относится к воздушно-водной растительности, листья его плавают на поверхности и корни, собранные в пучок, могут прикрепляться ко дну в сухой сезон и плавать в толще воды во влажный сезон, когда в реке много воды.

В результате исследования содержания тяжелых металлов в стеблях и корнях водного гиацинта (*Eichhornia Crassipes*) получены следующие результаты (табл. 1, 2).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в стеблях и корнях *Eichhornia Crassipes* в сухой сезон, мг/кг

Зона	Zn		Cu		Fe	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	12,82±2,16	27,57±1,42	4,19±0,15	7,81±0,72	198,48±8,16	375,03±16,99
2	93,58±5,86	140,78±2,91	27,33±0,74	58,35±1,65	224,94±5,67	470,88±10,49
3	26,54±2,08	45,37±2,89	9,53±1,00	34,63±0,94	184,65±4,32	444,32±9,55
4	20,38±1,89	38,54±0,92	3,15±0,34	8,92±1,12	202,50±5,39	396,23±11,45
Зона	Cd		Pb		As	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	0,27±0,02	0,61±0,07	6,76±0,97	10,26±0,61	8,21±0,22	13,85±1,01
2	0,26±0,05	0,55±0,04	17,51±0,71	52,46±4,33	7,43±0,44	16,35±2,16
3	0,17±0,02	0,44±0,01	9,22±1,37	31,52±3,67	6,06±0,59	13,37±0,80
4	0,19±0,02	0,38±0,02	8,60±1,06	19,61±1,99	7,24±0,61	9,02±0,56

Table 1

The content of heavy metals in the stems and roots of *Eichhornia Crassipes* during the dry season, mg/kg

	Zn		Cu		Fe	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	12,82±2,16	27,57±1,42	4,19±0,15	7,81±0,72	198,48±8,16	375,03±16,99
Area 2	93,58±5,86	140,78±2,91	27,33±0,74	58,35±1,65	224,94±5,67	470,88±10,49
Area 3	26,54±2,08	45,37±2,89	9,53±1,00	34,63±0,94	184,65±4,32	444,32±9,55
Area 4	20,38±1,89	38,54±0,92	3,15±0,34	8,92±1,12	202,50±5,39	396,23±11,45
	Cd		Pb		As	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	0,27±0,02	0,61±0,07	6,76±0,97	10,26±0,61	8,21±0,22	13,85±1,01
Area 2	0,26±0,05	0,55±0,04	17,51±0,71	52,46±4,33	7,43±0,44	16,35±2,16
Area 3	0,17±0,02	0,44±0,01	9,22±1,37	31,52±3,67	6,06±0,59	13,37±0,80
Area 4	0,19±0,02	0,38±0,02	8,60±1,06	19,61±1,99	7,24±0,61	9,02±0,56

При анализе накопления тяжелых металлов в стеблях и корнях водного гиацинта в сухой сезон видно, что в корнях их в 2—4 раза больше чем в стеблях. Цинка, и меди, и свинца в стеблях и корнях собранных в зоне 2, которая находится в границах промышленного района, в 3—7 раз больше, чем в других исследуемых зонах. А содержание железа, кадмия и мышьяка в стеблях и корнях, собранных во всех четырех зонах, отличается незначительно. Даже накопление мышьяка в стеблях, и кадмия в корнях в пробах отобранных в зоне 1 больше, чем в зоне 2. Это можно объяснить наличием в зоне 1 сельскохозяйственных полей.

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов в стеблях и корнях *Eichhornia Crassipes*
во влажный сезон, мг/кг**

Зона	Zn		Cu		Fe	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	15,27±0,34	34,41±0,91	6,91±0,45	10,51±1,20	286,55±7,78	335,27±9,04
2	120,55±4,44	156,09±2,93	59,36±1,58	78,39±4,36	331,92±3,81	363,03±7,32
3	56,21±3,10	69,25±4,30	10,45±0,84	32,71±1,77	282,85±3,21	360,78±3,91
4	19,46±2,10	37,71±1,75	9,25±0,42	17,39±1,00	318,22±6,32	348,62±2,69
Зона	Cd		Pb		As	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	0,66±0,03	1,25±0,04	6,39±1,01	Зона1	0,66±0,03	1,25±0,04
2	0,22±0,01	0,71±0,02	15,74±0,98	Зона2	0,22±0,01	0,71±0,02
3	0,11±0,02	0,74±0,04	11,65±2,57	Зона3	0,11±0,02	0,74±0,04
4	0,03±0,01	0,15±0,02	7,23±0,34	Зона4	0,03±0,01	0,15±0,02

Table 2

**The content of heavy metals in the stems and roots of *Eichhornia Crassipes*
during the wet season, mg/kg**

	Zn		Cu		Fe	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	15,27±0,34	34,41±0,91	6,91±0,45	10,51±1,20	286,55±7,78	335,27±9,04
Area 2	120,55±4,44	156,09±2,93	59,36±1,58	78,39±4,36	331,92±3,81	363,03±7,32
Area 3	56,21±3,10	69,25±4,30	10,45±0,84	32,71±1,77	282,85±3,21	360,78±3,91
Area 4	19,46±2,10	37,71±1,75	9,25±0,42	17,39±1,00	318,22±6,32	348,62±2,69
	Cd		Pb		As	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	0,66±0,03	1,25±0,04	6,39±1,01	Area 1	0,66±0,03	1,25±0,04
Area 2	0,22±0,01	0,71±0,02	15,74±0,98	Area 2	0,22±0,01	0,71±0,02
Area 3	0,11±0,02	0,74±0,04	11,65±2,57	Area 3	0,11±0,02	0,74±0,04
Area 4	0,03±0,01	0,15±0,02	7,23±0,34	Area 4	0,03±0,01	0,15±0,02

При анализе накопления тяжелых металлов в стеблях и корнях водного гиацинта во влажный сезон видно, что в корнях их в 1,5–3 раза больше чем в стеблях.

При сравнении результатов содержания цинка, меди, железа, кадмия, свинца, мышьяка в стеблях и корнях водного гиацинта, проводимых в сухой и во влажный сезон, было установлено, что в сухой сезон в стеблях и корнях водного гиацинта накапливается меньше цинка и меди, чем во влажный сезон. Это можно объяснить тем, что цинк и медь аккумулируются растением не только корнями из донных отложений, но и из воды плавающими листьями. В границах промышленного района (зона 2) во влажный сезон в стебле водного гиацинта в 1,5 раза больше цинка и 2 раза больше меди, чем в сухой сезон. Железа в стеблях в сухой сезон накоплено меньше, а корнях накоплено больше, чем во влажный сезон во всех

зонах отбора проб. В стебле и корнях водного гиацинта свинца и мышьяка в границах промышленной зоны больше в сухой сезон. Кадмия в сухой сезон в стебле больше, чем во влажный сезон, а в корнях меньше. То есть сезон влияет на накопление тяжелых металлов водного гиацинта, в сухой сезон больше аккумулируется тяжелых металлов из донных отложений, а во влажный сезон плавающие листья и корни, аккумулируют тяжелые металлы из воды.

При изучении накопления тяжелых металлов тростником обыкновенным (*Phragmites Australis*) были получены следующие результаты (табл. 3, 4).

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в стеблях и корнях *Phragmites Australis* в сухой сезон, мг/кг

Зона	Zn		Cu		Fe	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	14,45±0,59	20,36±0,69	4,77±0,30	8,58±0,85	179,14±4,48	459,21±8,87
2	49,92±1,34	173,02±7,82	11,38±0,08	64,53±2,14	206,51±5,68	496,12±8,51
3	25,53±2,05	84,36±2,96	8,63±0,29	23,55±2,90	212,26±7,70	345,29±6,81
4	24,41±1,12	33,32±1,68	5,39±0,40	16,49±0,70	194,91±4,24	417,19±12,25
Зона	Cd		Pb		As	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	0,24±0,02	0,65±0,03	5,54±0,46	Зона1	0,24±0,02	0,65±0,03
2	0,23±0,02	0,57±0,04	12,79±0,85	Зона2	0,23±0,02	0,57±0,04
3	0,18±0,01	0,51±0,02	10,06±1,14	Зона3	0,18±0,01	0,51±0,02
4	0,13±0,01	0,35±0,02	7,64±0,26	Зона4	0,13±0,01	0,35±0,02

Table 3

The content of heavy metals in the stems and roots of *Phragmites Australis* during the dry season, mg/kg

	Zn		Cu		Fe	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	14,45±0,59	20,36±0,69	4,77±0,30	8,58±0,85	179,14±4,48	459,21±8,87
Area 2	49,92±1,34	173,02±7,82	11,38±0,08	64,53±2,14	206,51±5,68	496,12±8,51
Area 3	25,53±2,05	84,36±2,96	8,63±0,29	23,55±2,90	212,26±7,70	345,29±6,81
Area 4	24,41±1,12	33,32±1,68	5,39±0,40	16,49±0,70	194,91±4,24	417,19±12,25
	Cd		Pb		As	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	0,24±0,02	0,65±0,03	5,54±0,46	Area 1	0,24±0,02	0,65±0,03
Area 2	0,23±0,02	0,57±0,04	12,79±0,85	Area 2	0,23±0,02	0,57±0,04
Area 3	0,18±0,01	0,51±0,02	10,06±1,14	Area 3	0,18±0,01	0,51±0,02
Area 4	0,13±0,01	0,35±0,02	7,64±0,26	Area 4	0,13±0,01	0,35±0,02

При анализе накопления тяжелых металлов в стеблях и корнях тростника обыкновенного в сухой сезон видно, что в корнях тяжелых металлов в 2—6 раза больше чем в стеблях. Цинка, меди и свинца в стеблях, отобранных в зоне 2, которая находится в границах промышленного района, в 2—3 раза больше, а в корнях в 5—7 раз больше, чем в других исследуемых зонах. А содержание железа, кадмия и мышьяка в стеблях и корнях в различных зонах незначительно отличается. Содержание мышьяка и кадмия в корнях отобранных в зоне 1 больше, чем в зоне 2,

а в зоне 4 их количество снижается в 2 раза, что свидетельствует об активной роли растений в самоочищении водоемов, т.е. по содержанию тяжелых металлов корнях в тростника обыкновенного можно судить о наличии в сбросах тяжелых металлов.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в стеблях и корнях *Phragmites Australis* во влажный сезон, мг/кг

Зона	Zn		Cu		Fe	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	12,82±2,16	27,57±1,42	4,19±0,15	7,81±0,72	198,48±8,16	375,03±16,99
2	51,58±5,86	140,78±2,91	10,33±0,74	58,35±1,65	224,94±5,67	470,88±10,49
3	26,54±2,08	45,37±2,89	9,53±1,00	34,63±0,94	184,65±4,32	444,32±9,55
4	20,38±1,89	38,54±0,92	3,15±0,34	8,92±1,12	202,50±5,39	396,23±11,45
Зона	Cd				Pb	
	Стебель	Корень	Стебель	Корень	Стебель	Корень
1	0,27±0,02	0,61±0,07	6,76±0,97	10,26±0,61	0,27±0,02	0,61±0,07
2	0,26±0,05	0,55±0,04	17,51±0,71	52,46±4,33	0,26±0,05	0,55±0,04
3	0,17±0,02	0,44±0,01	9,22±1,37	31,52±3,67	0,17±0,02	0,44±0,01
4	0,19±0,02	0,38±0,02	8,60±1,06	19,61±1,99	0,19±0,02	0,38±0,02

Table 4

The content of heavy metals in the stems and roots of *Phragmites Australis* during the wet season, mg/kg

	Zn		Cu		Fe	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	12,82±2,16	27,57±1,42	4,19±0,15	7,81±0,72	198,48±8,16	375,03±16,99
Area 2	51,58±5,86	140,78±2,91	10,33±0,74	58,35±1,65	224,94±5,67	470,88±10,49
Area 3	26,54±2,08	45,37±2,89	9,53±1,00	34,63±0,94	184,65±4,32	444,32±9,55
Area 4	20,38±1,89	38,54±0,92	3,15±0,34	8,92±1,12	202,50±5,39	396,23±11,45
	Cd				Pb	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
Area 1	0,27±0,02	0,61±0,07	6,76±0,97	10,26±0,61	0,27±0,02	0,61±0,07
Area 2	0,26±0,05	0,55±0,04	17,51±0,71	52,46±4,33	0,26±0,05	0,55±0,04
Area 3	0,17±0,02	0,44±0,01	9,22±1,37	31,52±3,67	0,17±0,02	0,44±0,01
Area 4	0,19±0,02	0,38±0,02	8,60±1,06	19,61±1,99	0,19±0,02	0,38±0,02

При сравнении результатов исследования накопления цинка, меди, железа, кадмия, свинца, мышьяка в стеблях и корнях тростника обыкновенного в сухой и влажный сезон было установлено, что в сухой сезон тростник произрастающий в загрязненных зонах (2 и 3) цинка накапливает в стеблях больше, а в корнях меньше, чем во влажный сезон, но тростник, произрастающий в наименее загрязненных зонах (1 и 4), в корнях накапливает его больше, а стеблях меньше.

Также в период исследований было установлено, что в сухой сезон в границах промышленного района (зоне 2) в корнях тростника больше, чем в корнях эйхорнии накапливается цинка, меди, железа и кадмия, эти же металлы накапливаются больше в стеблях водного гиацинта, чем в стеблях тростника. Свинец и мышьяк больше накапливаются в стеблях и корнях водного гиацинта.

Во влажный сезон в границах промышленного района (зона 2) цинка, меди, железа и кадмия больше накапливается в стеблях и корнях эйхорнии, а свинец и мышьяк в стеблях и корнях тростника.

Если сравнивать накопление тяжелых металлов прибрежной водной растительностью в различных по загрязненности зонах, то можно наблюдать что в загрязненных зонах и в корнях, и в стеблях накапливается больше тяжелых металлов, чем в менее загрязненных. Данные по количеству тяжелых металлов в стеблях и корнях коррелируют с количеством тяжелых металлов в речной воде и донных отложениях (табл. 5, 6).

Таблица 5

Коэффициенты корреляции тяжелых металлов в стеблях и корнях тростника на исследуемых участках
[Coefficients of correlation of heavy metals in reed stems and roots in the investigated areas]

Металл / Metal	Орган / Part of the plant	Fe		Cu		Zn		As		Cd		Pb	
		Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root
Fe	Стебель / Stem	1											
	Корни / Root	0,467*	1										
Cu	Стебель / Stem	-0,068	-0,006	1									
	Корни / Root	0,131	0,468*	0,565*	1								
Zn	Стебель / Stem	0,040	0,268*	0,568*	0,663*	1							
	Корни / Root	0,144	0,375*	0,414*	0,854*	0,738*	1						
As	Стебель / Stem	-0,311*	-0,139	0,063	-0,031	-0,079	-0,060	1					
	Корни / Root	0,064	0,277*	-0,058	0,033	-0,179	-0,090	0,480*	1				
Cd	Стебель / Stem	0,166	0,372*	-0,253	0,162	-0,223	0,145	0,256	0,275*	1			
	Корни / Root	0,052	0,125	-0,191	0,075	-0,152	0,009	0,233	0,344*	0,602*	1		
Pb	Стебель / Stem	0,091	0,343*	0,488*	0,665*	0,715*	0,650*	-0,095	-0,093	-0,137	-0,096	1	
	Корни / Root	0,197	0,546*	0,427*	0,874*	0,673*	0,822*	-0,129	-0,063	0,159	0,011	0,829*	1

* Статистически значимая взаимосвязь ($p < 0,05$).

У корня и стебля тростника самая тесная корреляционная связь отмечалась между содержанием Pb в стеблях и корнях тростника и содержанием Fe в корнях, Cu — в стебле и корнях, Zn — в стебле и корнях. Еще некоторые корреляционные связи: Pb — корень и стебель; Fe — стебель и корень; Cu — корень и Fe — корень;

Cu — корень и стебель; Zn — стебель и Fe — корень; Zn — стебель и Cu — стебель; Zn — стебель и Cu — корень; Zn — корень и Fe — корень; Zn — корень и Cu — стебель; Zn — корень и Cu — корень; As — стебель и Fe — стебель; As — корень и Fe — корень; As — корень и стебель; Cd — стебель и As — корень; Cd — корень и As — корень; Cd — стебель и корень.

Таблица 6

**Коэффициенты корреляции тяжелых металлов в стеблях и корнях водного гиацинта
на исследуемых участках**
**[Coefficients of correlation of heavy metals in water hyacinth stems and roots
in the investigated areas]**

Металл / Metal	Орган / Part of the plant	Fe		Cu		Zn		As		Cd		Pb	
		Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root	Стебель / Stem	Корни / Root
Fe	Стебель / Stem	1											
	Корни / Root	0,362*	1										
Cu	Стебель / Stem	0,180	0,148	1									
	Корни / Root	0,189	0,306*	0,683*	1								
Zn	Стебель / Stem	0,215	0,244*	0,614*	0,676*	1							
	Корни / Root	0,195	0,295*	0,588*	0,805*	0,883*	1						
As	Стебель / Stem	0,034	0,067	-0,028	-0,013	-0,019	-0,045	1					
	Корни / Root	0,070	0,032	0,001	-0,048	-0,064	-0,082	0,808*	1				
Cd	Стебель / Stem	0,021	-0,033	0,013	-0,098	-0,068	-0,029	0,450*	0,341*	1			
	Корни / Root	-0,153	-0,022	0,106	0,039	-0,070	-0,094	0,370*	0,382*	0,584*	1		
Pb	Стебель / Stem	0,138	0,303*	0,394*	0,591*	0,716*	0,745*	0,146	0,067	-0,022	-0,071	1	
	Корни / Root	0,102	0,230*	0,563*	0,673*	0,798*	0,849*	0,173	0,075	0,029	-0,101	0,851*	1

* Статистически значимая взаимосвязь ($p < 0,05$).

У корня и стебля водного гиацинта самая тесная корреляционная связь отмечалась между содержанием Pb в стеблях и корнях водного гиацинта и содержанием Zn — в стебле и корнях, Cu в корнях. Еще некоторые корреляционные связи: Pb — корень и стебель; Cu — корень и стебель; Zn — стебель и Fe — корень; Zn — стебель и Cu — стебель; Zn — стебель и Cu — корень; Zn — корень и Cu — стебель; Zn — корень и Cu — корень; As — корень и стебель; Cd — стебель и As — корень; Cd — корень и As — корень; Cd — стебель и корень.

Вывод. В результате проведенных исследований можно сделать вывод что в корнях прибрежной водной растительности в корнях накапливается больше тяжелых металлов, чем в стеблях. Во влажный сезон в прибрежной водной растительности накапливается больше тяжелых металлов, чем в сухой. И по накоплению тяжелых металлов прибрежной растительностью, можно судить о степени загрязнения водоема тяжелыми металлами.

У корня и стебля тростника самая тесная корреляционная связь отмечалась между содержанием Pb в стеблях и корнях тростника и содержанием Fe в корнях, Cu — в стебле и корнях, Zn — в стебле и корнях. У корня и стебля тростника самая тесная корреляционная связь отмечалась между содержанием Pb в стеблях и корнях тростника и содержанием Fe в корнях, Cu — в стебле и корнях, Zn — в стебле и корнях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Садчиков А.П., Кудряшов М.А.* Экология прибрежно-водной растительности: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Изд-во НИИ-Природа; РЭФИА, 2004. 220 с.
- [2] *Шашуловская Е.А.* О накоплении тяжелых металлов в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2009. № 4. С. 357—360.
- [3] *Степанова Л.П.* Химический состав поверхностных вод бассейна реки Ока на территории Орловской области / Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, Е.С. Черный, А.В. Писарева // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 4. С. 93—97. URL: <http://journals.rudn.ru/ecology/article/view/12876/12306> (дата обращения: 06.09.2017).

© Золотокопова С.В., Нго К.Т., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 08.09.2017

Дата принятия к печати: 20.12.2017

Для цитирования:

Кыонг Тхе Нго, Золотокопова С.В. Накопление тяжелых металлов прибрежной водной растительностью реки Шерепок // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 4. С. 510—519. DOI: 10.22363/2313-2310-2017-25-4-510-519

Сведения об авторах:

Кыонг Тхе Нго — аспирант Астраханского государственного технического университета. E-mail: ngothecuong87@gmail.com

Золотокопова Светлана Васильевна — профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии Астраханского государственного технического университета. E-mail: zolotokopova@mail.ru

ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY COASTAL AQUATIC VEGETATION OF THE SHEREPOK RIVER

Ngo The Cuong, Svetlana Vasil'evna Zolotokopova

The Astrakhan State Technical University
Tatishchev str., 16, Astrakhan, Russia, 414056

Characteristics of the accumulation of zinc, copper, iron, lead, cadmium, arsenic in the stems and roots of *Phragmites Australis* and *Eichhornia crassipes*, growing in the Sherepok river (Vietnam), were investigated. The effect of level of river pollution on the heavy metal accumulation of the coastal aquatic vegetation was shown. A quantitative assessment of the accumulation of heavy metals by coastal aquatic vegetation in the dry and wet seasons is given. During the period of research, it was found that in the dry season, within the industrial region, zinc, copper, iron and cadmium were accumulated in the roots of common reed greater than in the roots of *Eichhornia crassipes*. The same metals were accumulated in the stems of *Eichhornia crassipes* higher than in the stems of *Phragmites Australis*. Lead and arsenic were accumulated in the stems and roots of the *Eichhornia crassipes* higher than in the stems and roots of *Phragmites Australis*. During the wet season, within the industrial region, zinc, copper, iron and cadmium were more accumulated in the stems and roots of *Eichhornia crassipes*, while lead and arsenic — in the stems and roots of *Phragmites Australis*.

Key words: heavy metals, coastal aquatic vegetation, *Eichhornia crassipes*, common reed, accumulation, industrial zone, dry and wet season

REFERENCES

- [1] Sadchikov A.P., Kudryashov M.A. Ecology of coastal-aquatic vegetation (textbook for university students). Moscow: Publishing house NIA-Nature, REFIA, 2004. P. 220.
- [2] Shashulovskaya E.A. About the accumulation of heavy metals in the higher aquatic vegetation of the Volgograd Reservoir. *Volga Ecological Journal*. 2009. No. 4. P. 357–360.
- [3] Stepanova L.P. and other. Chemical composition of surface waters of the Oka river basin in the Orel region. L.P. Stepanova, E.V. Yakovleva, E.S. Chernyj, A.V. Pisarev. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2015. No. 4. P. 93–97. URL: <http://journals.rudn.ru/ecology/article/view/12876/12306> (date of access: 06.09.2017).

Article history:

Received: 08.09.2017

Revised: 20.12.2017

For citation:

Ngo The Cuong, Zolotokopova S.V. (2017) Accumulation of heavy metals by coastal aquatic vegetation of the Sherepok River. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (4), 510–519. DOI: 10.22363/2313-2310-2017-25-4-510-519

Bio Note:

Kyong Th Ngo — a graduate student, Astrakhan State Technical University. E-mail: ngothecuong87@gmail.com

Zolotokopova Svetlana Vasilievna — Professor of the Department of Life Safety and Engineering Ecology, Astrakhan State Technical University. E-mail: zolotokopova@mail.ru