

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2017-3-98-105
УДК 574.52:[597-15:546.3.7Т]

С. В. Золотокопова, Нго Тхе Кыонг, Чан Хоан Куок

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ШЕРЕПОК (ВЬЕТНАМ) НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ РЫБ

Исследовалось изменение содержания ряда тяжелых металлов (цинк, медь, железо, кадмий, свинец, мышьяк) в абиотических и биотических компонентах р. Шерепок (Вьетнам) под влиянием сброса сточных вод предприятий промышленных районов. Содержание тяжелых металлов определялось в речной воде и донных отложениях в четырех зонах: выше границы промышленных районов, в границах промышленных районов Хоа-Фу и Там Тханг и в двух водохранилищах, расположенных ниже границы промышленных районов. Исследуемыми гидробионтами, в мышцах, печени, жабрах и скелете которых определялась концентрация тяжелых металлов, были тилапия галилейская (*Sarotherodon galilaeus*), хемибагрус (*Hemibagrus*) и сазан (*Cyprinus carpio*), выловленные в этих районах. Установлено, что в органах рыб, выловленных в границах промышленных районов, содержание всех исследуемых тяжелых металлов было выше в 3–7 раз. Наибольшее содержание тяжелых металлов отмечалось в печени и жабрах рыб, выловленных в границах промышленных районов, наименьшее – в мышцах. В большинстве случаев выявлена значимая корреляционная зависимость между содержанием тяжелых металлов в органах рыб и в воде и донных отложениях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, содержание металлов, река Шерепок, речная вода, донные отложения, органы рыб, хемибагрус, сазан, тилапия галилейская.

Введение

В настоящее время непрерывный сброс промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод в водоемы вызывает сильное загрязнение окружающей среды, что приводит к ухудшению качества воды, сокращению биоразнообразия, рыбных ресурсов и оказывает негативное влияние на здоровье человека [1].

Тяжелые металлы занимают особое положение среди загрязняющих веществ, т. к. оказывают токсическое действие на живые организмы, многие из них обладают биологической активностью, не трансформируются, а накапливаются в окружающей среде и гидробионтах [2]. Такие металлы, как медь, свинец, цинк, кадмий выделены Агентством по охране окружающей среды США (United States Environmental Protection Agency) как приоритетные при организации мониторинга и оценке их вредного воздействия на водные экосистемы.

Гидробионты являются наиболее чувствительными компонентами водных экосистем. Благодаря длительному жизненному циклу они способны накапливать информацию о техногенном загрязнении водоемов. В связи с этим изучение динамики содержания тяжелых металлов в абиотических и биотических компонентах рек является актуальной проблемой [3].

Цель исследования – оценить содержание тяжелых металлов (цинк, медь, железо, кадмий, свинец, мышьяк) в абиотических (вода, донные отложения) и биотических компонентах (гидробионты) р. Шерепок (Вьетнам), провести анализ и выявить закономерности пространственной изменчивости их количества.

Бассейн р. Шерепок, играющей огромную роль в сельском хозяйстве, промышленности и повседневной жизни жителей ряда провинций, охватывает площадь 16 420 км², в том числе в провинции Дак Лак – 10 375 км², в провинции Дак Нонг – 3 857 км².

В настоящее время сброс сточных вод в р. Шерепок из двух промышленных районов – Хоа-Фу (провинция Дак Лак) и Там-Тханг (провинция Дак Нонг) – является серьезным фактором ее загрязнения, в связи с чем в ходе исследования изучалось экологическое состояние реки на участке ее протекания через два указанных района.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования стали такие гидробионты, как хемибагрус (*Hemibagrus*), сазан (*Cyprinus carpio*), тилапия галилейская (*Sarotherodon galilaeus*).

Пробы речной воды и донных отложений отбирались в 4,8 км выше границы промышленного района Хоа-Фу (зона 1), в границах промышленных районов Хоа-Фу и Там Тханг (зона 2), в водохранилище Дрей Хлин, расположенном на расстоянии 7,5 км ниже границы промышленного района Там Тханг (зона 3), и в водохранилище Шерепок (зона 4). Пробы отбирались на середине реки и на берегу, затем готовилась одна общая проба.

Анализ содержания тяжелых металлов в пробах воды и донных отложениях проводили стандартными методами. Содержание тяжелых металлов в гидробионтах определяли атомно-абсорбционным методом.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание тяжелых металлов в речной воде и донных отложениях. Результаты исследования содержания тяжелых металлов в речной воде и донных отложениях четырех изучаемых зон представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в речной воде и донных отложениях

Зона отбора проб	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Речная вода, мг/л						
1	0,19 ± 0,026	0,02 ± 0,004	1,27 ± 0,072	0,01 ± 0,001	0,015 ± 0,002	0,011 ± 0,001
2	2,16 ± 0,096	0,39 ± 0,036	4,23 ± 0,401	0,024 ± 0,003	0,028 ± 0,050	0,03 ± 0,004
3	0,64 ± 0,156	0,14 ± 0,020	1,62 ± 0,243	0,011 ± 0,004	0,012 ± 0,026	0,001 ± 0,000
4	0,24 ± 0,029	0,05 ± 0,003	1,21 ± 0,053	Следы	0,04 ± 0,009	0,001 ± 0,000
Донные отложения, мг/кг						
1	65,14 ± 7,91	27,14 ± 0,95	2430,82 ± 38,34	0,95 ± 0,05	23,56 ± 1,24	4,31 ± 0,79
2	386,63 ± 12,11	107,94 ± 6,11	3455,70 ± 18,51	1,89 ± 0,14	64,32 ± 4,40	10,37 ± 0,94
3	123,55 ± 4,57	71,25 ± 3,99	3132,29 ± 10,86	0,68 ± 0,08	40,54 ± 4,29	4,79 ± 0,1
4	72,85 ± 4,49	36,86 ± 2,83	2657,92 ± 27,39	0,45 ± 0,02	38,87 ± 1,30	1,55 ± 0,34

Согласно данным табл. 1, наименьшее количество тяжелых металлов содержится в воде и донных отложениях зоны 1 (перед сбросом сточных вод промышленного района Хоа-Фу) и зоны 4. В зоне 2 (район сброса сточных вод промышленных районов Хоа-Фу и Там Тханг) количество цинка в воде увеличивается в 11,5 раза, в донных отложениях – в 5,9 раза, количество меди – в 19,5 и 4,0 раза, количество железа – в 3,4 и 1,5 раза соответственно. Содержание кадмия в воде в зоне 2 выше, чем в зоне 1 в 2,4 раза, свинца – в 1,9 раза, мышьяка – в 2,7 раза. В донных отложениях количество кадмия в зоне 2 по сравнению с его содержанием в зоне 1 увеличивается в 2,0 раза, свинца – в 2,7 раза, мышьяка – в 2,4 раза. Это свидетельствует о значительной сорбционной емкости донных отложений, способных накапливать большое количество тяжелых металлов в районе промышленного производства. В зонах 3 и 4 (ниже границы промышленных районов Хоа-Фу и Там Тханг) содержание цинка, меди и железа в воде значительно уменьшилось и практически сравнялось с содержанием этих металлов в зоне 1. В донных отложениях в зоне 3 содержание цинка было в 2 раза больше, чем в зоне 1 и в 3 раза меньше, чем в зоне 2, в зоне 4 содержание цинка, меди, железа, свинца было незначительно больше, чем в зоне 1, а кадмия и мышьяка – в 2 раза меньше.

Таким образом, в пробах речной воды и донных отложений из зоны промышленных райо-

нов содержание тяжелых металлов значительно превышает их содержание в пробах, взятых выше и ниже границы промышленных районов, т. к. в процесс самоочищения водоема значительный вклад вносят такие физико-химические процессы, как разбавление и адсорбция.

Содержание тяжелых металлов в органах рыб. Результаты исследования концентрации тяжелых металлов в органах рыб, вылов которых проводился во всех зонах, представлены в табл. 2–5. Следует отметить, что зона 1 отделена от зоны 2 водопадами, а зона 2 от зон 3 и 4 – системой водохранилищ, что значительно сокращает миграционные возможности рыб.

У рыб, выловленных в зоне 1 (табл. 2), наибольшее количество цинка обнаружено в жабрах сазана (23,56 мг/кг), в печени тилапии галилейской (21,84 мг/кг) и скелете хемибагруса (18,07 мг/кг). Меди накоплено больше всего в печени и скелете рыб, особенно у хемибагруса (в печени – 5,15 мг/кг, скелете – 6,34 мг/кг), ведущего придонный образ жизни. Высокое содержание железа наблюдалось в печени и жабрах всех видов рыб. Кадмия больше всего содержится в печени хемибагруса (0,67 мг/кг), а также печени (0,59 мг/кг) и жабрах (0,78 мг/кг) сазана. Наибольшая концентрация свинца наблюдалась в печени хемибагруса (5,43 мг/кг) и в жабрах сазана (5,26 мг/кг), наименьшая – в мышцах всех видов рыб.

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов в гидробионтах,
выловленных выше границы промышленного района Хоа-Фу (зона 1)**

Орган	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия галилейская						
Мышцы	5,29 ± 0,73	2,14 ± 0,75	38,62 ± 2,08	0,17 ± 0,03	2,46 ± 0,08	0,34 ± 0,03
Печень	21,84 ± 5,81	4,73 ± 1,03	125,54 ± 8,68	0,42 ± 0,36	2,28 ± 0,09	2,26 ± 0,10
Жабры	10,75 ± 2,61	3,19 ± 1,07	118,77 ± 8,45	0,47 ± 0,13	4,12 ± 0,55	0,38 ± 0,02
Скелет	3,14 ± 0,46	4,58 ± 0,74	105,31 ± 5,10	0,36 ± 0,03	3,14 ± 0,08	0,32 ± 0,02
Хемибагрус						
Мышцы	6,17 ± 1,22	1,02 ± 0,75	40,72 ± 5,74	0,14 ± 0,02	4,68 ± 0,22	0,39 ± 0,03
Печень	9,88 ± 0,69	5,15 ± 1,41	127,67 ± 8,88	0,67 ± 0,15	5,43 ± 0,42	0,94 ± 0,07
Жабры	7,65 ± 0,97	1,88 ± 0,81	55,58 ± 10,14	0,12 ± 0,05	1,51 ± 0,15	0,27 ± 0,03
Скелет	18,07 ± 5,29	6,34 ± 2,59	104,52 ± 5,43	0,28 ± 0,02	4,35 ± 0,15	1,33 ± 0,10
Сазан						
Мышцы	5,19 ± 0,53	2,36 ± 1,03	37,19 ± 5,17	0,32 ± 0,03	2,95 ± 0,51	0,21 ± 0,02
Печень	12,43 ± 1,61	4,45 ± 1,25	132,57 ± 7,68	0,59 ± 0,07	2,06 ± 0,22	1,33 ± 0,03
Жабры	23,56 ± 1,05	4,16 ± 0,65	119,24 ± 5,96	0,78 ± 0,06	5,26 ± 0,21	2,67 ± 0,06
Скелет	14,81 ± 1,23	4,77 ± 1,02	120,53 ± 16,5	0,24 ± 0,02	3,87 ± 0,18	1,85 ± 0,09

По сравнению с рыбами, выловленными в зоне 1, в органах рыб, выловленных в зоне 2 (табл. 3), содержание всех исследуемых тяжелых металлов увеличивается в 3–7 раз.

Таблица 3

**Содержание тяжелых металлов в гидробионтах,
выловленных в границах промышленного района Хоа-Фу (зона 2)**

Орган	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия галилейская						
Мышцы	11,16 ± 4,03	3,67 ± 1,27	45,42 ± 2,86	0,22 ± 0,13	12,54 ± 0,62	0,65 ± 0,01
Печень	78,72 ± 12,44	56,19 ± 9,89	170,88 ± 6,95	0,52 ± 0,13	31,03 ± 3,53	1,93 ± 0,37
Жабры	60,92 ± 11,29	15,67 ± 4,52	113,07 ± 4,74	0,42 ± 0,22	18,49 ± 0,54	0,57 ± 0,02
Скелет	25,54 ± 0,90	34,25 ± 2,98	122,54 ± 6,80	0,39 ± 0,02	17,22 ± 1,28	1,86 ± 0,10

Содержание тяжелых металлов в гидробионтах, выловленных в границах промышленного района Хоа-Фу (зона 2)

Орган	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Хемибагрус						
Мышцы	14,29 ± 1,33	3,71 ± 0,88	50,67 ± 4,70	0,16 ± 0,02	15,07 ± 0,13	0,52 ± 0,01
Печень	82,58 ± 4,75	42,25 ± 7,57	136,43 ± 6,39	0,65 ± 0,05	26,57 ± 3,96	2,66 ± 0,64
Жабры	25,14 ± 3,43	2,69 ± 1,22	67,11 ± 5,19	0,21 ± 0,02	9,24 ± 0,93	0,36 ± 0,09
Скелет	59,66 ± 11,53	31,52 ± 8,58	117,46 ± 4,21	0,82 ± 0,07	10,42 ± 0,68	3,07 ± 0,07
Сазан						
Мышцы	12,90 ± 2,47	3,11 ± 1,43	49,82 ± 2,56	0,31 ± 0,05	10,44 ± 0,72	0,40 ± 0,08
Печень	91,72 ± 5,24	33,54 ± 2,24	194,16 ± 4,53	0,63 ± 0,18	16,82 ± 1,31	2,16 ± 0,08
Жабры	128,12 ± 9,13	11,74 ± 1,76	165,48 ± 7,59	0,71 ± 0,18	14,25 ± 1,31	2,28 ± 0,05
Скелет	55,31 ± 8,46	24,13 ± 2,91	152,41 ± 5,26	0,69 ± 0,03	13,18 ± 0,49	1,88 ± 0,10

Наибольшее содержание цинка отмечено в печени и жабрах сазана (91,72 и 128 мг/кг соответственно); меди – в печени тилапии галилейской (56,19 мг/кг) и хемибагруса (42,25 мг/кг); железа – в печени и жабрах сазана (194,16 и 165,48 мг/кг соответственно) и печени тилапии галилейской (170,88 мг/кг); кадмия – в печени, жабрах и скелете сазана (0,63; 0,71 и 0,69 мг/кг соответственно) и в печени и скелете хемибагруса (0,65 и 0,82 мг/кг); свинца – в печени тилапии галилейской (31,03 мг/кг) и печени хемибагруса (26,57 мг/кг); мышьяка – в печени хемибагруса (2,66 мг/кг), в печени и жабрах сазана (2,16 и 2,28 мг/кг соответственно).

По сравнению с органами рыб, выловленных в зоне 2, во всех органах рыб, выловленных в зоне 3, содержание всех исследуемых тяжелых металлов уменьшилось (табл. 4).

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в гидробионтах, выловленных ниже промышленного района Хоа-Фу (зона 3)

Орган	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия галилейская						
Мышцы	8,64 ± 0,82	2,56 ± 1,22	40,55 ± 5,84	0,13 ± 0,05	10,42 ± 0,60	0,25 ± 0,03
Печень	63,98 ± 6,53	47,15 ± 7,05	176,39 ± 10,04	0,34 ± 0,08	26,74 ± 3,51	1,67 ± 0,09
Жабры	64,15 ± 8,03	11,43 ± 2,87	107,26 ± 9,57	0,43 ± 0,17	16,25 ± 1,97	0,42 ± 0,03
Скелет	8,29 ± 0,68	36,49 ± 2,32	120,51 ± 10,62	0,27 ± 0,09	19,65 ± 1,02	1,25 ± 0,05
Хемибагрус						
Мышцы	10,56 ± 1,24	2,45 ± 0,17	56,38 ± 9,89	0,09 ± 0,02	12,61 ± 0,19	0,48 ± 0,03
Печень	85,36 ± 9,29	20,57 ± 2,37	119,36 ± 6,41	0,61 ± 0,02	30,55 ± 3,68	1,09 ± 0,10
Жабры	20,48 ± 1,68	2,08 ± 0,77	48,74 ± 5,26	0,20 ± 0,02	8,48 ± 0,36	0,31 ± 0,08
Скелет	51,22 ± 6,24	33,27 ± 7,55	124,66 ± 3,59	0,49 ± 0,04	11,69 ± 0,69	1,28 ± 0,09
Сазан						
Мышцы	10,26 ± 1,45	3,32 ± 0,86	44,75 ± 2,43	0,27 ± 0,02	8,74 ± 0,91	0,43 ± 0,04
Печень	83,29 ± 4,82	16,19 ± 1,67	179,61 ± 3,00	0,49 ± 0,06	14,33 ± 1,14	1,47 ± 0,12
Жабры	107,81 ± 6,87	9,38 ± 1,19	156,28 ± 4,86	0,63 ± 0,04	13,52 ± 1,82	2,51 ± 0,16
Скелет	64,42 ± 8,38	17,72 ± 1,35	158,22 ± 3,31	0,30 ± 0,04	10,41 ± 1,05	1,77 ± 0,14

Наибольшее содержание цинка отмечено в печени хемибагруса (85,36 мг/кг), печени и жабрах сазана (83,29 и 107,81 мг/кг соответственно); меди – в печени и скелете тилапии галилейской (47,15 и 36,49 мг/кг); железа – в печени тилапии галилейской (176,39 мг/кг), в печени, скелете и жабрах сазана (179,61; 158,22 и 156,28 мг/кг соответственно); кадмия – в печени и жаб-

рах сазана (0,49 и 0,63 мг/кг соответственно) и печени хемибагруса (0,61 мг/кг); свинца – в печени тилапии галилейской (26,74 мг/кг) и хемибагруса (30,55 мг/кг); мышьяка – в жабрах, скелете и печени сазана (2,51; 1,77 и 1,47 мг/кг соответственно) и печени тилапии галилейской (1,67 мг/кг).

Таким образом, в органах рыб, выловленных в зоне 3, расположенной ниже границы промышленных районов, наибольшее содержание тяжелых металлов отмечалось в тех же органах, что и у рыб, выловленных в зоне 2, но на 15–21 % меньше.

Наибольшее количество тяжелых металлов отмечалось в печени и жабрах рыб, наименьшее – в мышцах.

По сравнению с гидробионтами, выловленными в зоне 2, в гидробионтах, выловленных в зоне 4 (табл. 5), содержание всех исследуемых тяжелых металлов уменьшилось и практически сравнялось с их количеством в гидробионтах, выловленных в зоне 1.

Наибольшее содержание цинка отмечалось в печени хемибагруса (48,45 мг/кг), печени и жабрах тилапии галилейской (40,15 и 49,43 мг/кг соответственно), печени и жабрах сазана (45,24 и 46,13 мг/кг соответственно); меди – в печени всех исследуемых видов рыб; железа – в печени тилапии галилейской (181,67 мг/кг), в печени и жабрах сазана (188,83 и 140,42 мг/кг соответственно); кадмия – в печени и жабрах сазана (0,53 и 0,49 мг/кг соответственно) и печени хемибагруса (0,44 мг/кг); свинца – в печени хемибагруса (14,39 мг/кг) и тилапии галилейской (10,48 мг/кг); мышьяка – в скелете сазана (1,27 мг/кг) и в печени хемибагруса (1,24 мг/кг).

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в гидробионтах, выловленных в водохранилище (зона 4)

Орган	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия галилейская						
Мышцы	6,76 ± 1,24	2,37 ± 0,86	42,16 ± 1,40	0,13 ± 0,01	3,67 ± 0,12	0,21 ± 0,02
Печень	40,15 ± 2,06	13,97 ± 2,12	181,67 ± 4,04	0,44 ± 0,06	10,48 ± 0,78	1,02 ± 0,09
Жабры	49,43 ± 3,87	10,27 ± 6,08	126,59 ± 5,72	0,18 ± 0,04	8,63 ± 1,17	0,92 ± 0,06
Скелет	22,36 ± 2,01	4,11 ± 1,39	115,58 ± 1,38	0,33 ± 0,02	5,51 ± 0,27	0,58 ± 0,04
Хемибагрус						
Мышцы	7,92 ± 1,24	2,06 ± 0,23	44,64 ± 1,26	0,07 ± 0,02	8,05 ± 0,40	0,37 ± 0,03
Печень	48,45 ± 5,77	12,74 ± 2,08	113,44 ± 9,02	0,59 ± 0,19	14,39 ± 0,55	1,24 ± 0,16
Жабры	13,25 ± 4,62	8,25 ± 1,46	49,48 ± 3,97	0,13 ± 0,04	6,66 ± 0,26	0,43 ± 0,02
Скелет	57,71 ± 8,45	9,36 ± 2,82	135,55 ± 9,63	0,38 ± 0,02	7,28 ± 0,95	0,92 ± 0,13
Сазан						
Мышцы	7,27 ± 0,68	2,83 ± 0,77	46,26 ± 1,16	0,23 ± 0,02	4,25 ± 1,04	0,23 ± 0,02
Печень	45,24 ± 5,81	13,66 ± 3,23	188,83 ± 17,57	0,53 ± 0,09	5,71 ± 0,77	0,58 ± 0,04
Жабры	46,13 ± 5,60	9,61 ± 3,01	140,42 ± 8,24	0,49 ± 0,06	8,12 ± 0,27	0,64 ± 0,05
Скелет	15,81 ± 1,99	10,05 ± 1,52	119,51 ± 8,25	0,18 ± 0,03	6,49 ± 0,30	1,27 ± 0,15

Корреляционный анализ. В табл. 6 приведены результаты корреляционного анализа содержания тяжелых металлов в речной воде, донных отложениях и органах исследуемых видов рыб, выловленных в четырех зонах.

У тилапии галилейской самая тесная корреляционная связь отмечалась между содержанием Zn, Cu, Fe в воде и донных отложениях и их содержанием в печени. Концентрация Cd, Pb, As в воде и донных отложениях наиболее тесно коррелировала с их концентрацией в мышечной ткани этого вида

У хемибагруса самая тесная корреляционная связь была установлена между содержанием Zn и Pb в воде и донных отложениях и их концентрацией в мышечной ткани; для Cu – между содержанием в воде и донных отложениях и содержанием в печени; для Cd и As – между содержанием в воде и донных отложений и концентрацией в скелете.

Корреляционные зависимости содержания тяжелых металлов в речной воде, донных отложениях и органах рыб

Орган	Корреляция											
	Zn – вода	Zn – дно	Cu – вода	Cu – дно	Fe – вода	Fe – дно	Cd – вода	Cd – дно	Pb – вода	Pb – дно	As – вода	As – дно
Тяляпия галилейская												
Мышцы	0,69	0,65	0,53	0,45	0,46	0,46	0,56	0,36	0,88	0,83	0,97	0,92
Печень	0,79	0,78	0,84	0,91	0,20	0,54	0,29	0,28	0,84	0,81	0,44	0,48
Жабры	0,52	0,49	0,62	0,66	-0,26	-0,47	-0,25	-0,10	0,86	0,84	-0,18	-0,37
Скелет	0,61	0,63	0,75	0,87	0,42	0,66	0,44	0,54	0,74	0,67	0,63	0,82
Хемибагрус												
Мышцы	0,87	0,87	0,81	0,79	0,24	0,58	0,46	0,69	0,88	0,89	0,61	0,83
Печень	0,63	0,61	0,93	0,94	0,59	0,36	-0,03	0,13	0,70	0,67	0,80	0,78
Жабры	0,78	0,77	-0,26	-0,31	0,66	0,39	0,50	0,32	0,72	0,82	-0,05	-0,14
Скелет	0,47	0,45	0,69	0,65	-0,16	0,14	0,88	0,77	0,67	0,67	0,94	0,94
Сазан												
Мышцы	0,80	0,80	0,18	0,17	0,53	0,68	0,02	0,27	0,86	0,81	0,28	0,57
Печень	0,74	0,72	0,95	0,93	0,45	0,68	0,27	0,34	0,85	0,84	0,80	0,94
Жабры	0,60	0,57	0,62	0,67	0,64	0,91	-0,04	0,04	0,79	0,80	0,34	0,53
Скелет	0,61	0,58	0,91	0,87	0,52	0,79	0,89	0,91	0,88	0,89	0,52	0,67

У сазана корреляционная связь варьировалась по отдельным органам и металлам: Zn – самая высокая корреляционная зависимость отмечалась между содержанием цинка в воде и донных отложениях и его концентрацией в мышцах; Cu и As – между их содержанием в воде и донных отложениях и концентрацией в печени; Cd и Pb – между содержанием в воде и донных отложениях и концентрацией в скелете. Следует отметить, что для кадмия не наблюдалось значительной статистической корреляции между его содержанием в воде и донных отложениях с содержанием в мышцах, печени и жабрах.

В целом в большинстве случаев существует значимая статистическая корреляция между содержанием тяжелых металлов в органах рыб и их содержанием в воде и донных отложениях.

Заклучение

Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы:

1. В пробах речной воды и донных отложений, отобранных в зоне промышленных районов, содержание тяжелых металлов значительно превышает их содержание в пробах, взятых выше и ниже границы промышленных районов, т. к. в процесс самоочищения водоема значительный вклад вносят такие физико-химические процессы, как разбавление и адсорбция.

2. Наибольшее содержание тяжелых металлов отмечалось в органах рыб, выловленных в границах промышленных районов.

3. По содержанию тяжелых металлов в органах изучаемых рыб, выловленных в границах промышленных районов, можно построить следующие ряды:

– *тяляпия галилейская*: Zn – печень > жабры > скелет > мышцы; Cu – печень > скелет > жабры > мышцы; Fe – печень > скелет > жабры > мышцы; Cd – печень > жабры > скелет > мышцы; Pb – печень > жабры > скелет > мышцы; As – печень > скелет > мышцы > жабры;

– *хемибагрус*: Zn – печень > скелет > жабры > мышцы; Cu – печень > скелет > мышцы > жабры; Fe – печень > скелет > жабры > мышцы; Cd – скелет > печень > жабры > мышцы; Pb – печень > мышцы > скелет > жабры; As – скелет > печень > мышцы > жабры;

– сазан: Zn – жабры > печень > скелет > мышцы; Cu – печень > скелет > жабры > мышцы; Fe – печень > жабры > скелет > мышцы; Cd – жабры > скелет > печень > мышцы; Pb – печень > жабры > скелет > мышцы; As – жабры > печень > скелет > мышцы.

4. Наибольшее количество тяжелых металлов накапливается в печени и жабрах, наименьшее – в мышцах исследованных видов рыб.

5. Данные по содержанию тяжелых металлов в речной воде и донных отложениях в различных зонах коррелируют с данными по их содержанию в органах рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубкина Н. А., Као Т. Х., Лобус Н. В., Карпун М. Ю., Воронина Л. П. Показатели селенового статуса Вьетнама // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. № 1. С. 38–42.
2. Reza R., Singh G. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water // Int. J. Environ. Sci. Tech. 2010. 7 (4). P. 785–792.
3. Лопарёва Т. Я., Шарипова О. А., Петрушенко Л. В. Уровень накопления токсикантов в мышечной ткани рыб в водных бассейнах Республики Казахстан // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2016. № 2. С. 115–120.

Статья поступила в редакцию 15.05.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Золотокопова Светлана Васильевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии; zolotokopova@mail.ru.

Нго Тхе Кьонг – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии; ngothecuong87@gmail.com.

Чан Хоан Куок – Россия, 119071, Москва; Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр; канд. биол. наук; научный сотрудник; hoantran2985@gmail.com.



S. V. Zolotokopova, Ngo The Cuong, Tran Hoan Quoc

INFLUENCE OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SEREPOK RIVER (VIETNAM) ON ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN ORGANS OF FISH

Abstract. The article focuses on the study of change of containing heavy metals (zinc, copper, iron, cadmium, lead, arsenic) in the abiotic and biotic components of the Serepok river (Vietnam) influenced by wastewater discharge from industrial areas. Heavy metal content was determined in the river water and bottom sediments in the four zones: above and within the boundaries of industrial regions Xoa Phu and Tam Thang and in two water reservoirs situated below the boundaries of those industrial areas. Tilapia Galilean (*Sarotherodon galilaeus*), Hemibagrus (*Hemibagrus*), and sazan (*Cyprinus carpio*) caught in these areas were the hydrobionts under study in which liver, gills, skeleton and muscles accumulation of heavy metals was detected. In the organs of fish caught in the river within industrial region, heavy metals concentration was 3-7 times higher. The greatest concentration of heavy metals was found in the liver and gills of fish caught in the boundaries of industrial regions, the least concentration was in the muscles. In most cases, significant correlation between heavy metal concentration in organs of fishes and in river water, bottom sediments has been revealed.

Key words: heavy metals, metal containing, the Serepok river, river water, bottom sediments, fish organs, Hemibagrus, sazan, Tilapia Galilean.

REFERENCES

1. Golubkina N. A., Kao T. Kh., Lobus N. V., Karapun M. Iu., Voronina L. P. Pokazateli selenovogo statusa V'etnama [Indices of selenium status of Vietnam]. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii*, 2015, no. 1, pp. 38-42.
2. Reza R., Singh G. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 2010, 7 (4), pp. 785-792.
3. Lopareva T. Ia., Sharipova O. A., Petrushenko L. V. Uroven' nakopleniia toksikantov v myshechnoi tkani ryb v vodnykh basseinakh Respubliki Kazakhstan [Level of accumulation of toxicants in fish muscle tissue in water basins in the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2017, no. 2, pp. 115-122.

The article submitted to the editors 15.05.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Zolotokopova Svetlana Vasil'evna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Life Security and Engineering Ecology; zolotokopova@mail.ru.

Ngo The Cuong – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Post-graduate Student of the Department of Life Security and Engineering Ecology; ngothecuong87@gmail.com.

Tran Hoan Quoc – Russia, 119071, Moscow; Russian-Vietnamese Tropical Research and Engineering Center; Candidate of Biology; Researcher; hoantran2985@gmail.com.

