

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2018-1-118-123
УДК 574.52:[597-15:546.3.7Т]

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЫШЦАХ ГИДРОБИОНТОВ РЕКИ ШЕРЕПОК (ВЬЕТНАМ)

Исследовалось содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов р. Шерепок (Вьетнам), в частности, проанализировано содержание цинка, меди, железа, кадмия, свинца, мышьяка в мышцах хемибагруса (*Hemibagrus wyckioides*), сазана (*Cyprinus carpio*) и тиляпии (*Oreochromis niloticus*), речном крабе (*Somannia thelphusa sinensis*) и речной улитке (*Pomacea canaliculata*), выловленных в различных по уровню загрязнения тяжелыми металлами зонах р. Шерепок. Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов определялось в четырех зонах: выше границы промышленного района, в границах промышленного района Хоа-Фу, ниже границы промышленного района Там Тханг и в водохранилище Шерепок 3. Установлено, что во всех зонах р. Шерепок, независимо от уровня загрязнения реки, больше всего цинка накапливается в теле речной улитки, свинца – в мышцах хемибагруса. Меди и кадмия больше всего содержится в теле речной улитки – во всех зонах исследования, кроме зоны водохранилища Шерепок 3, здесь наибольшее количество этих металлов наблюдается в мышцах сазана. Мышьяк накапливается в наибольшем количестве в мышцах хемибагруса, хотя в зоне самого существенного загрязнения реки (в границах промышленного района) в его мышцах содержится наименьшее количество мышьяка по сравнению с другими исследованными гидробионтами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, цинк, медь, железо, кадмий, свинец, мышьяк, мышцы гидробионтов, хемибагрус, сазан, тиляпия, речной краб, речная улитка, загрязнение реки, промышленный район.

Введение

В последнее время увеличивающаяся антропогенная нагрузка на окружающую среду приводит к загрязнению тяжелыми металлами водоемов и обитающих в них гидробионтов.

Тяжелые металлы занимают особое положение среди загрязняющих веществ, многие из них обладают биологической активностью, не трансформируются, а накапливаются в окружающей среде и гидробионтах. Гидробионты являются наиболее чувствительными компонентами водных экосистем. Они обладают длительным жизненным циклом, благодаря чему способны накапливать информацию о техногенном загрязнении водоемов [1]. В связи с тем, что человек употребляет в пищу мясо гидробионтов, сравнительный анализ накопления тяжелых металлов в мышцах гидробионтов в зависимости от уровня загрязнения реки является актуальной проблемой.

Цель исследования – оценить количество и провести сравнительный анализ накопления тяжелых металлов в мышцах различных гидробионтов, выловленных в различных зонах р. Шерепок (Вьетнам).

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были следующие гидробионты: рыбы хемибагрус (*Hemibagrus wyckioides*), сазан (*Cyprinus carpio*) и тиляпия (*Oreochromis niloticus*), а также речной краб (*Somannia thelphusa sinensis*) и речная улитка (*Pomacea canaliculata*).

Гидробионты были выловлены выше границы промышленного района Хоа-Фу (зона 1), в границах промышленного района Хоа-Фу (зона 2), в водохранилище Дрей Хлинъ, расположенном на расстоянии 7,5 км ниже границы промышленного района Там Тханг (зона 3), и в водохранилище Шерепок 3 (зона 4).

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов определяли атомно-абсорбционным методом.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Был проведен анализ накопления тяжелых металлов в гидробионтах, исследованных в зонах 1–4 р. Шерепок. 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.

Все объекты исследования различаются по типу питания и образу жизни: хемибагрус (*Hemibagrus wyckioides*) – пелагический хищник, сазан (*Cyprinus carpio*) – полибентофаг, тилапия (*Oreochromis niloticus*) – сестонофаг, речной краб (*Somannia thelphusa sinensis*) – бентосная форма хищника, донная ползающая речная улитка (*Pomacea canaliculata*) – пассивный эвритофаг. В зависимости от образа жизни и типа питания в их мышцах будет накапливаться различное количество тяжелых металлов [2]. В реке, куда со сточными водами попадают тяжелые металлы, активно проходят процессы их седиментации и адсорбции донными отложениями, а также бионакопления живыми организмами [3].

Результаты исследования содержания тяжелых металлов (цинка, меди, железа, кадмия, свинца, мышьяка) в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 1 р. Шерепок, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 1

Объект исследования	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия (<i>Oreochromis niloticus</i>)	5,29 ± 0,73	2,14 ± 0,75	38,62 ± 2,08	0,17 ± 0,03	2,46 ± 0,08	0,34 ± 0,03
Хемибагрус (<i>Hemibagrus wyckioides</i>)	6,17 ± 1,22	1,02 ± 0,75	40,72 ± 5,74	0,14 ± 0,02	4,68 ± 0,22	0,39 ± 0,03
Сазан (<i>Cyprinus carpio</i>)	5,19 ± 0,53	2,36 ± 1,03	37,19 ± 5,17	0,32 ± 0,03	2,95 ± 0,51	0,21 ± 0,02
Речная улитка (<i>Pomacea canaliculata</i>)	7,32 ± 0,47	0,61 ± 0,62	30,86 ± 4,96	0,28 ± 0,03	1,55 ± 0,14	0,33 ± 0,09
Речной краб (<i>Somannia thelphusa sinensis</i>)	3,58 ± 1,30	1,33 ± 0,51	42,91 ± 4,03	0,10 ± 0,01	1,48 ± 0,32	0,22 ± 0,03

У гидробионтов, исследованных в зоне 1, которая располагается выше границы промышленного района и является менее загрязненной по сравнению с другими зонами, наибольшее количество цинка содержится в теле речной улитки (7,32 мг/кг), наименьшее – в теле речного краба (3,58 мг/кг). Меди больше всего содержится в мышцах сазана (2,36 мг/кг), меньше всего – в теле речной улитки (0,61 мг/кг). Наибольшее количество железа содержится в теле речного краба (42,91 мг/кг) и мышцах хемибагруса (40,72 мг/кг), наименьшее – в речной улитке (30,86 мг/кг). Кадмия больше всего содержится в мышцах сазана (0,32 мг/кг), меньше всего – в мясе речного краба (0,10 мг/кг). Свинец в наибольшем количестве содержится в мышцах хемибагруса (4,68 мг/кг), в наименьшем – в теле речного краба (1,48 мг/кг). Наибольшее количество мышьяка накапливается в мышцах хемибагруса (0,39 мг/кг), наименьшее – в мышцах сазана (0,21 мг/кг).

Если построить ряды накопления тяжелых металлов в мышцах гидробионтов в зоне 1, то они будут выглядеть следующим образом:

- Zn: речная улитка > хемибагрус > тилапия > сазан > речной краб;
- Cu: сазан > тилапия > речной краб > хемибагрус > речная улитка;
- Fe: речной краб > хемибагрус > тилапия > сазан > речная улитка;
- Cd: сазан > речная улитка > тилапия > хемибагрус > речной краб;
- Pb: хемибагрус > сазан > тилапия > речная улитка > речной краб;
- As: хемибагрус > тилапия > речная улитка > речной краб > сазан.

Анализируя полученные ряды, можно сделать вывод, что в наиболее чистой зоне р. Шерепок тяжелые металлы в наибольшем количестве накапливаются в мышцах и бентофагов, и хищников. Их накопление зависит в большей степени от физиологических особенностей ор-

ганизма и процесса метаболизма. Медь и кадмий, относящиеся к эссенциальным элементам, больше накоплены в мышцах сазана, относящегося к бентофагам, а свинец и мышьяк – у хемибагруса, относящегося к хищникам.

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 2, находящейся в границах промышленного района, представлено в табл. 2.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 2

Объект исследования	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11,16 ± 4,03	3,67 ± 1,27	45,42 ± 2,86	0,22 ± 0,13	12,54 ± 0,62	0,65 ± 0,01
Хемибагрус (<i>Hemibagrus wyckioides</i>)	14,29 ± 1,33	3,71 ± 0,88	50,67 ± 4,70	0,16 ± 0,02	15,07 ± 0,13	0,52 ± 0,01
Сазан (<i>Cyprinus carpio</i>)	12,90 ± 2,47	3,11 ± 1,43	49,82 ± 2,56	0,31 ± 0,05	10,44 ± 0,72	0,40 ± 0,08
Речная улитка (<i>Pomacea canaliculata</i>)	19,82 ± 3,81	7,95 ± 1,85	36,56 ± 9,61	0,68 ± 0,06	8,12 ± 0,17	0,71 ± 0,04
Речной краб (<i>Somannia thelphusa sinensis</i>)	14,57 ± 1,39	4,74 ± 1,24	46,83 ± 3,92	0,28 ± 0,05	9,79 ± 0,54	0,79 ± 0,03

В мышцах гидробионтов, исследованных в границах промышленного района, тяжелых металлов содержится в несколько раз больше, чем в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 1, т. к. загрязнение и речной воды, и донных отложений существенно выше. Наибольшее количество цинка накоплено в теле речной улитки (19,82 мг/кг), наименьшее – в мышцах тилапии (11,16 мг/кг). Меди накоплено больше всего в теле речной улитки (7,95 мг/кг), меньше всего в мышцах сазана (3,11 мг/кг). Больше всего железа – в мышцах хемибагруса (50,67 мг/кг), меньше всего – в речной улитке (36,56 мг/кг). Кадмия больше всего содержится в теле речной улитки (0,68 мг/кг), наименьшее количество – в мясе хемибагруса (0,16 мг/кг). Свинца больше всего в мышцах хемибагруса (15,07 мг/кг), меньше всего – в теле речной улитки (8,12 мг/кг). Наибольшее количество мышьяка накапливается в теле речного краба (0,79 мг/кг), наименьшее – в мышцах сазана (0,40 мг/кг).

Если построить ряды накопления тяжелых металлов в мясе гидробионтов в зоне 2, то они будут выглядеть следующим образом:

- Zn: речная улитка > речной краб > хемибагрус > сазан > тилапия;
- Cu: речная улитка > речной краб > хемибагрус > тилапия > сазан;
- Fe: хемибагрус > сазан > речной краб > тилапия > речная улитка;
- Cd: речная улитка > сазан > речной краб > тилапия > хемибагрус;
- Pb: хемибагрус > тилапия > сазан > речной краб > речная улитка;
- As: речной краб > речная улитка > тилапия > хемибагрус > сазан.

Анализируя ряды, можно сказать, что в зоне 2, которая наиболее загрязнена тяжелыми металлами, поступающими в реку со сточными водами промышленного района, больше всего тяжелых металлов накапливается в мышцах гидробионтов, ведущих придонный и хищнический образ жизни, т. к. активно идут процессы седиментации и адсорбции тяжелых металлов донными отложениями и бионакопления различными живыми организмами.

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 3, находящейся ниже границы промышленного района, представлено в табл. 3.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 3

Объект исследования	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия (<i>Oreochromis niloticus</i>)	8,64 ± 0,82	2,56 ± 1,22	40,55 ± 5,84	0,13 ± 0,05	10,42 ± 0,60	0,25 ± 0,03
Хемибагрус (<i>Hemibagrus wyckioides</i>)	10,56 ± 1,24	2,45 ± 0,17	56,38 ± 9,89	0,09 ± 0,02	12,61 ± 0,19	0,48 ± 0,03
Сазан (<i>Cyprinus carpio</i>)	10,26 ± 1,45	3,32 ± 0,86	44,75 ± 2,43	0,27 ± 0,002	8,74 ± 0,91	0,43 ± 0,04
Речная улитка (<i>Pomacea canaliculata</i>)	10,65 ± 1,21	3,86 ± 0,62	34,27 ± 3,02	0,32 ± 0,03	3,56 ± 0,42	0,34 ± 0,03
Речной краб (<i>Somannia thelphusa sinensis</i>)	9,48 ± 1,80	3,19 ± 0,37	40,85 ± 2,09	0,24 ± 0,03	4,62 ± 0,82	0,66 ± 0,16

В мышцах всех гидробионтов, исследованных в зоне 3, которая располагается ниже границы промышленного района, содержание тяжелых металлов уменьшается, по сравнению с объектами, исследованными в зоне 2, т. к. на этом участке реки за счет процессов разбавления, адсорбции и бионакопления количество тяжелых металлов уменьшается и в речной воде, и в донных отложениях. Наибольшее количество цинка накоплено в теле речной улитки (10,65 мг/кг), наименьшее количество – в мышцах тилапии (8,64 мг/кг). Меди накоплено больше всего в теле речной улитки (3,86 мг/кг), меньше всего – в мышцах хемибагруса (2,45 мг/кг). Наибольшее количество железа содержится в мышцах хемибагруса (56,38 мг/кг), наименьшее – в теле речной улитки (34,27 мг/кг). Кадмия больше всего содержится в теле речной улитки (0,32 мг/кг), меньше всего – в мышцах хемибагруса (0,09 мг/кг). Большое количество свинца содержится в мышцах хемибагруса (12,61 мг/кг), меньше всего свинца в теле речной улитки (3,56 мг/кг). Наибольшее количество мышьяка накапливается в мясе речного краба (0,66 мг/кг), наименьшее – в тилапии (0,25 мг/кг).

Если построить ряды накопления тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 3, они будут выглядеть следующим образом:

- Zn: речная улитка > хемибагрус > сазан > речной краб > тилапия;
- Cu: речная улитка > сазан > речной краб > тилапия > хемибагрус;
- Fe: хемибагрус > сазан > речной краб > тилапия > речная улитка;
- Cd: речная улитка > сазан > речной краб > тилапия > хемибагрус;
- Pb: хемибагрус > тилапия > сазан > речной краб > речная улитка;
- As: речной краб > хемибагрус > сазан > речная улитка > тилапия.

Анализируя ряды, можно сказать, что в зоне 3, так же, как и в зоне 2, больше всего тяжелых металлов накапливается в мышцах гидробионтов, ведущих придонный и хищнический образ жизни. Это обусловлено тем, что загрязнение этого участка реки тяжелыми металлами еще значительно и активно идут процессы седиментации и адсорбции тяжелых металлов донными отложениями и бионакопления различными живыми организмами.

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 4, находящейся ниже границы промышленного района в районе водохранилища Шерепок 3, представлено в табл. 4.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 4

Объекты исследования	Содержание, мг/кг					
	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	As
Тилапия (<i>Oreochromis niloticus</i>)	6,76 ± 1,24	2,37 ± 0,86	42,16 ± 1,40	0,13 ± 0,01	3,67 ± 0,12	0,21 ± 0,02
Хемибагрус (<i>Hemibagrus wyckioides</i>)	7,92 ± 1,24	2,06 ± 0,23	44,64 ± 1,26	0,07 ± 0,02	8,05 ± 0,40	0,37 ± 0,03
Сазан (<i>Cyprinus carpio</i>)	7,27 ± 0,68	2,83 ± 0,77	46,26 ± 1,16	0,23 ± 0,02	4,25 ± 1,04	0,23 ± 0,02
Речная улитка (<i>Pomacea canaliculata</i>)	8,39 ± 1,54	0,48 ± 0,06	33,78 ± 2,48	0,19 ± 0,03	1,76 ± 0,15	0,19 ± 0,03
Речной краб (<i>Somannia thelphusa sinensis</i>)	6,42 ± 1,83	1,13 ± 0,14	43,29 ± 5,75	0,21 ± 0,03	2,83 ± 0,10	0,36 ± 0,05

В мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 4, которая располагается ниже границы промышленного района в водохранилище Шерепок 3, количество тяжелых металлов значительно меньше, чем в мышцах гидробионтов, исследованных в зонах 2 и 3, т. к. и в речной воде, и в донных отложениях количество тяжелых металлов существенно уменьшается.

Наибольшее количество цинка содержится в теле речной улитки (8,39 мг/кг), наименьшее количество – в теле речного краба (6,42 мг/кг). Меди накоплено больше всего в мышцах сазана (2,83 мг/кг), меньше всего – в теле речной улитки (0,48 мг/кг). Больше всего железа содержится в мышцах сазана (46,26 мг/кг), меньше всего – в теле речной улитки (33,78 мг/кг). Кадмия больше всего содержится в мышцах сазана (0,23 мг/кг), меньше всего – в мышцах хемибагруса (0,07 мг/кг). Наибольшее количество свинца содержится в мышцах хемибагруса (8,05 мг/кг), наименьшее – в теле речной улитки (1,76 мг/кг). Наибольшее количество мышьяка содержится в мышцах хемибагруса (0,37 мг/кг), наименьшее – в теле речной улитки (0,19 мг/кг).

При построении рядов накопления тяжелых металлов в мышцах гидробионтов, исследованных в зоне 4, они будут выглядеть следующим образом:

- Zn: речная улитка > хемибагрус > сазан > тилапия > речной краб;

- Cu: сазан > тилапия > хемибагрус > речной краб > речная улитка;
- Fe: сазан > хемибагрус > речной краб > тилапия > речная улитка;
- Cd: сазан > речной краб > речная улитка > тилапия > хемибагрус;
- Pb: хемибагрус > сазан > тилапия > речной краб > речная улитка;
- As: хемибагрус > речной краб > сазан > тилапия > речная улитка.

Анализируя ряды, можно сказать, что в зоне 4, так же, как и в зоне 1, тяжелые металлы в наибольшем количестве накапливаются в мышцах и бентофагов, и хищников. Их накопление зависит больше от физиологических особенностей организма и процесса метаболизма. Медь, железо, кадмий, которые относятся к эссенциальным элементам, больше накоплены в мышцах бентофагов, а свинец и мышьяк – у хищников.

Заключение

Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы.

По сравнению с другими объектами исследования, в теле речной улитки меньше всего накапливается железа и больше всего цинка – во всех зонах р. Шерепок, независимо от уровня загрязнения реки, что, вероятно, обусловлено физиологическими особенностями организма.

Меди и кадмия больше всего накапливается в теле речной улитки – во всех зонах исследования, кроме зоны водохранилища Шерепок 3. Там наибольшее количество этих металлов накоплено в мышцах сазана, предположительно за счет замедления течения и развития большого количества кормовых бентосных организмов.

По сравнению с другими объектами исследования наибольшее количество свинца накапливается в мышцах хемибагруса – во всех зонах р. Шерепок, независимо от степени загрязнения реки, что может быть обусловлено особенностями питания и физиологическими особенностями организма (низкой скоростью метаболизма свинца в мышцах).

Мышьяк накапливается в наибольшем количестве в мышцах хемибагруса, хотя в зоне наибольшего загрязнения реки (в границах промышленного района) в его мышцах содержится наименьшее количество мышьяка по сравнению с другими исследованными гидробионтами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатов В. В., Богатова Л. В. Аккумуляция тяжелых металлов пресноводными гидробионтами в горнорудном районе юга Дальнего Востока России // Экология. 2009. № 3. С. 202–208.
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. Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П., Гашкина Н. А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.

Статья поступила в редакцию 12.10.2017

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.

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

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



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

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN MUSCLES OF HYDROBIONES OF THE SHEREPOK RIVER (VIETNAM)

Abstract. The paper presents analysis of heavy metals concentration in the muscles of hydrobionts in the Sherepok River. In particular, there was studied the content of zinc, copper, iron, cadmium, lead, arsenic in the muscles of hemibagrus (*Hemibagrus wyckioides*), carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*), river crab (*Somannia thelphusa sinensis*) and river snail (*Pomacea canaliculata*), which were caught in the river segments with different degrees of heavy metal contamination. Concentration of heavy metals in muscles of hydrobionts was tested in four river segments: upper the border of the industrial zone, within the borders of industrial zone Khoa Fu, lower the border of industrial zone Tam Thang, and in the reservoir zone Sherepok 3. It has been found that in all segments of the Sherepok river, regardless of the degree of contamination, most zinc concentration was encountered in the body of the river snail, lead - in the muscles of hemibagrus. Copper and cadmium are most abundant in the body of the river snail in all the research areas, except for the reservoir zone Sherepok 3, where the largest amount of these metals was registered in the muscles of carp. Arsenic accumulates in the largest amount in the muscles of hemibagrus, although in the zone of the greatest pollution of the river (within the boundaries of the industrial region), its muscles contain the least amount of arsenic, compared to other hydrobionts under study.

Key words: heavy metals, zinc, copper, iron, cadmium, lead, arsenic, hydrobiont muscles, hemibagrus, carp, tilapia, river crab, river snail, river pollution, industrial zone.

REFERENCES

1. Bogatov V. V., Bogatova L. V. Akkumulatsiia tiazhelykh metallov presnovodnymi gidrobiontami v gornorudnom raione iuga Dal'nego Vostoka Rossii [Accumulation of heavy metals by fresh water hydrobionts in the mining zone of the southern part of the Far East of Russia]. *Ekologiya*, 2009, no. 3, pp. 202-208.
2. Reza R., Singh G. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2010, 7 (4), pp. 785-792.
3. Moiseenko T. I., Kudriavtseva L. P., Gashkina N. A. *Rasseiannyye elementy v poverkhnostnykh vodakh su-shi: tekhnofil'nost', bioakkumulatsiia i ekotoksikologiya* [Skattered elements in the continental surface waters: technophilicity, bioaccumulation, ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 261 p.

The article submitted to the editors 12.10.2017

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.

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

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.

