

Санитарно-гигиеническая оценка неорганических элементов, содержащихся в гидробионтах разных видов

Д.А. Болдырев, младший научный сотрудник
Крымская опытная станция ННЦ “ИЭКВМ”

Представлено результати санітарної оцінки хамси, ставриди – планктонофаги, бичка та барабулі – бентософаги. Акумуляція неорганічних елементів в органах і тканинах риб за проведеного дослідження була значно вищою, ніж допустимий рівень. Навпаки, у м'язовій тканині гранично допустимі концентрації зареєстровані в нормі і відповідали медико-біологічним вимогам.

Сегодня Черное и Азовское моря подвергаются значительной антропогенной нагрузке. Это выражается прежде всего в загрязнении морской среды неорганическими элементами, которые значительно ухудшают качество морской воды, меняют ее физико-химические и биологические свойства, что негативно отражается на жизнедеятельности гидробионтов, а следовательно, и на здоровье человека.

Известно, что еще в начале XIX века цинк, медь, железо, марганец, селен, никель, стронций обнаружены в морских организмах. По данным В.Г. Дацко [1], содержание неорганических элементов в морских рыбах подвержено большим колебаниям, и если микроэлементы колеблются в пределах одной декады, то макроэлементы обычно в пределах нескольких декад. В.Д. Корпусенко [2] указывает, что колебания количественного состава неорганических элементов в пределах вида подобны колебаниям морфологических признаков и таким образом химический элементарный состав организмов является его видовым признаком.

Исследуя состав и содержание неорганических элементов в гидробионтах, следует учитывать химическую характеристику среды, которая окружает и питает данный организм. Морские организмы обладают способностью накапливать в своем теле и в отдельных органах химические элементы, концентрации которых во много раз превышают их в среде (воде). Г.В. Матушевский, Э.Н. Альтман [3] указывает на два типа таких концентраций. Первый тип – концентрация какого-либо химического элемента всеми организмами, населяющими данную область, но в различной степени. Это “групповая концентрация”. Второй тип концентрации является видовым (чаще родовым), когда какой-либо вид (род) в самых разных условиях содержит данный химический элемент в высокой концентрации (значительно выше, чем все другие виды, обитающие совместно). Такую концентрацию А.П. Либерман [4] называет “селективной”.

Во многих случаях первые определения уровня микроэлементов в организмах моря были случайными, в них фиксировалось только наличие того или другого химического элемента. Эти определения не были количественными. И лишь после признания важной химической роли микроэлементов в организмах началась разработка точных методов определения неорганических элементов. В последние 30–35 лет появилось множество работ с точными данными о количественном содержании марганца, меди, цинка и железа в организмах, в том числе и в гидробионтах. Однако в отечественной литературе имеется мало данных о содержании неорганических элементов в органах и тканях, о накоплении в них токсикантов. Отсутствуют эколого-санитарные карты, в которых были бы выделены “квадраты” наибольших превышений токсикантов, что впоследствии скажется на качестве выловленной продукции.

Цель наших исследований – провести санитарную оценку качества хамсы, ставриды, барабули и бычка, обитающих в Азово-Черноморском бассейне; изучить локализацию неорганических элементов в разных органах и тканях гидробионтов.

Материалы и методы исследования. Отбор материала по видовому составу проводили в акватории Черного моря, близ берегов Грузии и Крыма, а также Азовского моря, близ с. Семеновка: хамса – 225 экз., бычок-кругляк – 35 экз., бычок-мартовик – 35 экз., ставрида – 20 экз., барабуля – 7 экз. Пробы отбирали во время промышленного и индивидуального вылова. Определяли содержание цинка, меди, железа, марганца, селена, никеля, свинца, стронция, кальция в общей пробе и в печени, мышечной и костной тканях, селезёнке, жабрах, в чешуе и плавниках.

Неорганические элементы в биологических субстратах определяли методом рентген-флуоресцентного анализа [5] с последующим анализом спектров на приборе “Спектроскан-Макс”.

Измерение спектра флуоресценции проводили в соответствии с инструкцией на прибор в первом и втором отражении, а также согласно техническому регламенту на оборудование.

Сравнение результатов исследований предельно допустимых уровней (ПДК) содержания неорганических элементов проводили согласно ГОСТ 2284-93 “Рыба живая. Общие технические условия” и в соответствии с медико-биологическими требованиями норм качества продовольственного сырья и пищевых продуктов (МБТ) № 5061-89 [6, 7].

Результаты исследования и их обсуждение. Данные о содержании неорганических элементов во взятых образцах органов и тканей рыб представлены в табл. 1, 2. Полученные результаты свидетельствуют о том, что из всех исследуемых элементов наибольшей концентрации достигает кальций. В группе жизненно необходимых элементов доминирует железо, затем цинк, марганец. Наибольшее содержание цинка, железа, свинца установлено в хамсе, выловленной в Керченском проливе, что связано с высокой техногенной нагрузкой в данном регионе (выбросы бытовых и промышленных стоков и интенсивность судоходства). Отметим, что содержание цинка, меди, стронция

не превышало ПДК. В тканях хамсы содержалось значительное количество селена, никеля, хотя и эти показатели остаются ниже допустимого уровня. Наши данные исследования микроэлементов в хамсе отличаются от данных Т.А. Петкевич в содержании марганца и меди и незначительно по цинку [8].

Сравнивая результаты исследования неорганических элементов в бычках, выловленных в Черном море и по характеру обитания относящихся к донным рыбам, то более высокое содержание неорганических элементов отмечено в бычке-кругляке (бентософаг), а меньшее – в бычке-мартовике (хищник). Пониженное содержание неорганических элементов в бычке-мартовике связано с уменьшением концентрации их в пищевой цепи.

Т.А. Петкевич, обнаружив в бентосоядных рыбах повышенное содержание неорганических элементов, объясняет это близостью исследуемых рыб к донным отложениям, которые богаты такими элементами.

В целом распределение и содержание исследуемых химических элементов в тканях хамсы, ставриды и бычка сопоставимы с таковыми у других рыб и высших животных.

1. Содержание неорганических элементов в органах и тканях рыбы, выловленной вдоль Азово-Черноморского побережья в зимне-весенний период, мг/кг

Район отбора проб	Цинк	Медь	Железо	Марганец	Селен	Никель	Свинец	Стронций	Кальций
Хамса, n = 225									
Грузия, Сухуми	31,58±0,73	3,50±0,03	25,39±0,19	1,80±0,02	0,41±0,007	0,91±0,004	-	11,16±0,01	7305,54±2,49
Грузия, Поти	20,64±0,49	5,73±0,08	32,98±0,04	11,28±0,09	0,34±0,008	-	-	4,68±0,002	3092,0±1,97
Грузия, Батуми	33,77±0,67	3,58±0,01	32,65±0,29	4,31±0,08	-	1,21±0,001	-	6,73±0,004	3292,0±8,44
Грузия, м. Зелёный	31,79±0,81	3,14±0,81	3,14±0,04	29,89±0,17	3,50±0,005	0,92±0,009	-	13,00±0,03	3216,78±1,01
Крым, м. Айя	33,38±0,72	3,75±0,03	37,85±0,06	6,83±0,06	0,79±0,002	-	-	13,28±0,01	7345,5±1,39
Крым, м. Ай-Тодор	29,63±0,81	3,49±0,01	27,13±0,28	4,11±0,06	0,32±0,006	1,38±0,001	1,38±0,002	9,89±0,09	7966,15±0,93
Крым, м. Сарыч	22,63±0,03	3,95±0,003	52,54±0,49	4,46±0,009	0,13±0,001	1,61±0,01	1,6±0,003	14,22±0,13	6020,05±9,27
Керченский пролив, м. Хрони	41,72±0,09	4,68±0,04	92,39±0,14	5,87±0,04	0,15±0,001	4,95±0,07		14,29±0,09	8241,27±6,24
Керченский пролив, с. Юркино	24,35±0,06	3,59±0,01	30,25±0,33	4,63±0,05	-	2,80±0,005	2,30±0,02	8,65±0,07	7464,81±1,73
Керченский пролив, с. Курортное	26,26±0,02	3,30±0,006	32,04±0,09	2,80±0,004	0,48±0,003	1,53±0,01	-	9,28±0,02	7042,68±5,25
Крым, м. Лукулл	23,28±0,07	2,65±0,005	20,09±0,05	3,73±0,008	0,74±0,009	0,87±0,003	-	7,68±0,14	5772,41±4,11
Крым, м. Тюбек	20,44±0,14	2,60±0,003	22,22±0,02	1,97±0,007	0,28±0,001	0,97±0,009	-	5,09±0,005	2410,0±2,89
Крым, м. Маргопуло	25,72±0,29	2,85±0,009	64,31±0,09	4,83±0,001	0,18±0,001	2,52±0,01	-	8,32±0,04	3515,82±0,96
Крым, м. Фиолент	26,34±0,09	3,53±0,008	25,70±0,04	4,21±0,003	0,63±0,004	38,63±0,007	1,45±0,002	12,10±0,06	4074,9±2,93
Крым, м. Балаклавский	30,47±0,05	3,48±0,001	36,09±0,07	2,94±0,002	0,30±0,002	6,01±0,001	0,99±0,008	15,33±0,13	5500,0±5,59
ПДК	40,0	10,0					1,0	35,0	
По данным Т.А. Петкевич	23,7	2,8		2,3					
Бычок-кругляк, n = 35									
Чёрное море, Судак	31,36±0,4	3,5±0,09	31,45±0,42	2,66±0,04	0,24±0,003	1,16±0,003	1,08±0,003	23,19±0,47	5659,34±7,12
Бычок-мартовик, n = 35									
Азовское море, с. Семеновка	6,70±0,0014	1,01±0,002	8,5±0,02	1,26±0,003	-	0,76±0,004	0,62±0,009	2,35±0,05	1510,05±4,97
Ставрида, n = 20									
Керченский пролив, с. Курортное	27,45±0,04	2,78±0,05	74,22±0,1	4,06±0,06	0,69±0,007	2,20±0,001	1,74±0,005	7,65±0,08	4623,9±9,41
ПДК	40,0	10,0					1,0	35,0	

2. Содержание неорганических элементов в органах и тканях барабули (n = 7), выловленной близ г. Ялта, мг/кг

Орган, ткань	Содержание неорганических элементов								
	Цинк	Медь	Железо	Марганец	Селен	Никель	Свинец	Стронций	Кальций
Общая проба	16,35±0,03	3,22±0,05	14,22±0,03	3,0±0,02	1,74±0,02	2,93±0,04	0,39±0,002	23,0±0,004	4646,59±5,91
Селезёнка	64,78±0,005	3,7±0,02	104,0±0,01	2,21±0,004	1,04±0,003	61,62±0,01	-	10,67±0,02	1153,85±6,11
Печень	14,8±0,04	1,82±0,02	144,35±0,05	1,55±0,05	0,29±0,01	0,56±0,02	0,8±0,002	4,92±0,01	1328,0±7,01
Мышечная ткань	3,85±0,04	1,01±0,002	0,2±0,001	0,96±0,002	0,19±0,02	0,29±0,03	0,19±0,003	0,99±0,01	694,22±0,79
Костная ткань	16,02±0,003	5,21±0,001	29,1±0,02	3,47±0,01	0,08±0,03	0,62±0,04	0,81±0,004	22,97±0,02	29871,01±4,86
Плавники	44,95±0,04	19,69±0,05	75,82±0,04	13,83±0,003	-	2,07±0,02	1,78±0,05	268,79±0,05	84184,76±27,07
Чешуя	29,87±0,01	3,46±0,01	83,55±0,05	15,14±0,02	2,15±0,001	2,52±0,01	-	295,19±0,04	34184,76±11,49
Жабры	16,46±0,04	2,7±0,003	89,9±0,01	4,77±0,005	0,59±0,002	2,52±0,005	1,02±0,01	40,42±0,03	10944,08±9,84
ПДК	40,0	10,0					1,0	35,0	

Тестируемые элементы по-разному распределяются в твердых и мягких тканях рыб, что зависит от выполняемой ими функции и принадлежности к той или иной группе. Так, содержание кальция в костной ткани рыб было значительно выше, чем в мягкой. Поскольку печень является наиболее активным метаболическим органом, концентрация кальция в ней значительно превышало таковую в мышцах и селезенке.

В мягких тканях железа значительно больше, чем в твердых, особенно в селезенке и в печени. Селезенка – орган кроветворения, утилизирующий основную массу железа для синтеза эритроцитов, в печени происходит интенсивный обмен, который обеспечивается множеством ферментов, в состав активного центра которых входит этот элемент.

Цинк необходим для деления клетки, поддержания обмена веществ, размножения, поддержания внешних покровов в нормальном состоянии, чем, вероятно, и объясняется его высокое содержание в печени, плавниках и чешуе рыб.

Уровень меди выше в твердых тканях барабули, чем в мягких. Известно, что высокие концентрации ионов меди в воде вызывают интоксикацию рыб. В костных тканях, было также больше марганца, чем в мягких.

Содержание селена выше в покровных тканях рыб, что, вероятно, связано с обеспечением защитных функций при непосредственном контакте с повреждающими факторами внешней среды.

У барабули наибольшая концентрация никеля установлена в селезенке, что мы считаем, обусловлено активным протеканием метаболических процессов и участием этого элемента в них.

Токсическая роль свинца обусловлена его способностью связываться с большим числом анионов, SH-группами, фосфатами и другими метаболитами. В результате угнетается синтез белков, активность ферментов, происходит повреждение белков, которые уже не могут выполнять свою функцию [10]. Ионы свинца взаимодействуют с белками крови и всего организма, а не только тканей, в которых происходит их накопление [11]. В твердых тканях барабули уровень свинца несколько превышает показатели, установленные для мягких тканей. Можно предположить, что синтез металлотионеинов в печени, мышцах и селезенке рыб идет более активно, в результате чего свинец выводится быстрее, чем из твердых тканей, с белками которых он связывается необратимо.

Учитывая физиологическую роль стронция, его содержание в костных тканях значительно превышает концентрацию в мягких.

Выводы

1. Пелагические рыбы – планктонофаги (хамса) – содержат наименьшее количество токсикантов по сравнению с донными рыбами – бентософагами (барабуля, бычок).

2. Рыбы-хищники (бычок-мартовик и ставрида) характеризуются наименьшим количеством неорганических элементов, что объясняется меньшей концентрацией их в цепи питания. По этой же причине азовские

рыбы-планктонофаги (хамса) и бентософаги (бычок-кругляк) содержат в своем теле больше микроэлементов, чем рыбы-хищники (бычок-мартовик). Это наблюдается и в первых звеньях пищевой цепи: фитопланктон–зоопланктон–бентос–рыбы.

3. Содержание исследуемых элементов в тканях барабули зависит от биофильности и функционального значения элемента, а также специфических свойств тканей. Во всех случаях печень содержит большие концентрации исследуемых элементов, чем другие мягкие ткани, а их концентрации в твердых тканях выше, чем в мягких (за исключением железа). Приведенные данные следует учитывать при оценке качества рыбной продукции и при проведении мониторинговых работ.

4. В органах и тканях рыб уровень предельно допустимых концентраций был значительно превышен. В мышечной ткани наличие микроэлементов было в норме, то есть соответствовало медико-биологическим требованиям, а также нормам качества продовольственного сырья и пищевой продукции № 5061-89.

Библиография

1. Дацко В.Г. Неорганические элементы Азово-Черноморского бассейна / В.Г. Дацко. – М., 1999. – С. 13–15.

2. Корпусенко В.Д. Гидрохимический режим Азово-Черноморского бассейна в 1995 / В.Д. Корпусенко. – Ростов-на-Дону, 2002. – С. 78–80.

3. Матушевский Г.В. Водный баланс / Г.В. Матушевский, Э.Н. Альтман // Гидрометеорологический справочник Азово-Черноморского бассейна. – Л. : Гидрометеиздат, 1995. – С. 24.

4. Либерман А.П. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине: материалы IV семинара по вопросам применения неорганических элементов в сельском хозяйстве и медицине / А.П. Либерман. – К. : Госиздат с.-х. лит-ры, 1988. – С. 44.

5. Визначення неорганічних елементів в біологічних субстратах методом рентген-флуоресцентного аналізу: методичні рекомендації / [Малінін О.О., Куцан О.Т., Долецький С.П. та ін.]. – Держкомітет ветмедицини України (протокол № 1 від 23–24 грудня 2009).

6. Рыба жива. Загальні технічні умови: ДСТУ 2284-93. – [Затверджений 22.02.1993. Введено в дію 01.07.1993 р.]. – (Національний стандарт України).

7. Медико-биологические требования. Нормы качества продовольственного сырья и пищевой продукции № 5061-89. – М., 1989. – С. 3–5.

8. Петкевич Т.А. Химический элементарный состав планктоноядных рыб северо-западной части Черного моря: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук / Т.А. Петкевич. – Днепропетровск, 1966. – 20 с.

9. Trace accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea / [Anan Y., Kunito T., Tanabe Sh., Mitrofanov I., Aubrey D.G.] // Marine Pollution Bulletin. – 2005. – 51 – P. 882–888.

10. *Немова Р.И.* Биохимическая индикация состояния рыб / *Немова Р.И., Высоцкая Р.И.* – М. : Наука, 2004. – 215 с.

11. *Смирнов Л.П.* Влияние загрязнения окружающей среды на фракционный состав низкомолекулярных пептидов из различных тканей сигов / *Л.П. Смирнов, С.Д. Кирилюк* // Известия РАН. – 1994. – № 4. – С. 617–622. – (серия “Биология”).