

УДК 619:616.(562.5±262.54)

**МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РЫБ ЭКОСИСТЕМ КАЛАМИТСКОГО ЗАЛИВА ЧЕРНОГО МОРЯ**

**Болдырев Д.А.<sup>1</sup>**

*Крымская опытная станция Национального научного центра «Институт экспериментальной и клинической ветеринарной медицины»*

Исследование экологической ситуации Черного моря имеет большое значение, так как оно необходимо для оптимизации использования морских ресурсов. В нашей работе мы рассматриваем аккумуляцию тяжелых металлов в организмах, которые проживают в водной среде на разных глубинах. По типу обитания в водных экосистемах рыбы, подразделяются на: донных, которые живут на дне водоема, придонных – в нижних слоях, придонно-пелагических – в среднем слое и пелагических – в верхних слоях.

Сохранение биоразнообразия видов – главное условие стойкого функционирования водных экосистем. Экосистема – совокупность совместно живущих организмов и условий их существования, находящихся во взаимодействии друг с другом, образующих систему взаимообусловленных абиотических и биотических явлений и процессов. Гидробионты – организмы, живущие в воде [1].

За последние годы, в связи с высокой техногенной нагрузкой на Черное и Азовское моря, усиливается загрязнение вод токсикантами, причем наибольшую угрозу представляют токсичные элементы: медь, кадмий, свинец, цинк, которые изменяют соотношение основных функциональных групп живых организмов [2].

Тяжелые металлы отличаются от других загрязняющих веществ высокой стабильностью в водной среде, способностью накапливаться в донных отложениях, морской воде и гидробионтах, а также в органах и тканях рыб. Они представляют чрезвычайную опасность, поскольку длительно хранят свою активность и даже в малых концентрациях способны влиять на гидробионты, вызывая тем самым разные нарушения их развития и жизнедеятельности. Токсичное влияние тяжелых металлов выражается в повреждении органов и тканей, разных цитотоксических, гонадотоксических и канцерогенных эффектах, изменениях в обмене веществ, воспалениях, некрозах и неадекватных поведенческих реакциях, уродству и тому подобном [3].

Промышленные яды, которые поступают в водоем, воздействуют на все этапы жизнеспособного цикла: от оплодотворения икры к половозрелым формам. Кроме непосредственного токсичного действия на рыбу, они негативно влияют на состояние нагульных пастбищ и нерестилищ, усложняют, а порой делают невозможными миграции рыб, вызывают массовые заболевания, снижая резистентность организма, ухудшают товарное качество рыб и других гидробионтов. Яды в водоемах влияют не только на ихтиофауну, а также на фито- и зоопланктон. Токсичные элементы в наибольшей мере накапливаются у представителей типичных придонных видов рыб, а в наименьшей – придонно-пелагических и пелагических. Это связано с образом жизни и потреблением донной еды, которая вмещает большое количество токсичных веществ, аккумулированных в почве [4].

Цель исследования. Представляет интерес оценка локализации токсичных металлов в разных органах и тканях гидробионтов. С этой целью был проведен мониторинг содержания тяжелых металлов в органах и тканях рыб, а также водных экосистемах Каламитского залива Черного моря в морской воде, водорослях и донных отложениях на примере придонных видов бычка-кругляка и пеленгаса и пелагического вида – кефали.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в Каламитском заливе в районе города Евпатория. Материал отбирали во время промышленного и индивидуального вылова. Содержание тяжелых металлов определяли соответственно у бычка-кругляка – 20 экз., пеленгаса – 3 экз., кефали – 5 экз. Для каждого вида рыб проводились исследования: меди, кадмия, свинца, цинка в общей пробе, печени, мышечной и костной ткани, жабрах, в чешуе и плавниках. В экосистеме Каламитского залива отбирали образцы морской воды, донные отложения и бурые водоросли. Подготовку проб образцов рыбы для исследования проводили согласно ГОСТ 26929-94 [5]. «Сырье и продукты пищевые», утвержденного межгосударственным советом по стандартизации метрологии и сертификации 21 октября 1994 г. № 6-94. Данный стандарт распространяется на пищевое сырье, пищу и устанавливает способы сухой минерализации и способы кислотной экстракции проб для следующего определения в них содержания меди, свинца, кадмия, цинка, олова, железа, хрома, никеля, алюминия и мышьяка.

Способ сухой минерализации основан на полном распаде органических веществ, что достигается путем сжигания проб сырья или пищи в электропечи при контролируемом температурном режиме и предназначен для всех видов сырья и пищи.

Исследования содержания тяжелых металлов в подготовленных пробах проводили с помощью анализатора вольтамперометрического АКВ-07МК. Согласно методике выполняли измерения массовой доли кадмия, свинца, меди и цинка в рыбной продукции методом инверсионной вольтамперометрии [6].

Инверсионный-вольтамперометрический метод основан на зависимости тока, который проходит сквозь ячейку анализатора с анализирующим раствором, от массовой доли элемента, который содержится в растворе и функционально связан с формой и параметрами прилегаемого к электродам полярного напряжения.

Метод базируется на способности элемента, который анализируется, электрохимически накапливаться на поверхности или в объеме индикаторного (рабочего) электрода и растворяться в процессе поляризации при соответствующем потенциале, характерном для каждого элемента, который регистрируется на вольтамперограмме, пропорционально массовой части элемента в растворе образца.

Сравнения результатов исследований предельно допустимых уровней (ПДК) содержания тяжелых металлов проводили согласно ДСТУ 2284-93 «Рыба живая. Общие технические условия» [7], медико-биологическими требованиями нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов (МБТ) № 5061-898.

**Результаты исследования.** Установлено содержание выше перечисленных тяжелых металлов в тканях рыб и морской воде, что позволяет сравнить эти показания, и обнаружить интенсивность аккумуляции их по цепи питания в биотопах существования изученных видов.

Из приведенных данных (табл. 1) видно, что содержание тяжелых металлов в разных органах и тканях бычка-кругляка варьирует в широких пределах, но наличие кадмия в печени превышает допустимые показатели на 45 %. Кадмий аккумулируется в основном в печени, поэтому величина его в 96 раз выше, чем в мышцах. Наибольшие показатели содержания цинка установлены в чешуе и мышцах, но они не превышают предельно допустимый уровень (ПДК).

<sup>1</sup> Научный руководитель – Куцан А.Т., доктор вет. наук, профессор, чл.-кор. НААН Украины

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в органах и тканях (мг/кг) бычка- кругляка (n=20)

Виды органов и тканей	Содержание тяжелых металлов			
	свинец	кадмий	цинк	медь
Общая проба	0,14±0,02	0,091±0,01	5,03±0,97	1,99±0,23
Печень	0,22±0,03	0,29±0,05	5,57±1,03	2,3±0,15
Мышцы	0,16±0,02	0,003±0,002	9,19±2,18	1,86±0,34
Чешуя	0,097±0,01	0,14±0,07	10,08±2,97	6,18±1,45
Плавники	0,072±0,03	0,02±0,005	0,11±0,06	0,35±0,011
Жабры	0,16±0,04	0,004±0,001	0,18±0,09	1,11±0,02
Костная ткань	0,14±0,05	0,04±0,01	0,56±0,16	0,26±0,06
ПДК	1,0	0,2	40,0	10,0

Анализ данных свидетельствует, что наибольшее количество токсикантов накапливается в чешуе, мышцах и печени и отвечает характеру среды обитания бычка в придонных слоях воды и питание этого вида донными отложениями.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в органах и тканях (мг/кг) пеленгаса (n=3)

Виды органов и тканей	Содержание тяжелых металлов			
	свинец	кадмий	цинк	медь
Общая проба	0,066±0,001	0,01±0,008	1,02±0,08	1,06±0,04
Печень	0,25±0,06	0,005±0,0004	0,16±0,009	0,25±0,09
Чешуя	0,085±0,007	0,002±0,0001	0,77±0,1	3,7±0,67
Мышцы	0,09±0,007	0,002±0,0001	0,25±0,078	0,6±0,09
Плавники	0,068±0,009	0,02±0,007	2,94±0,76	0,4±0,06
Костная ткань	0,07±0,009	0,02±0,006	0,98±0,08	0,38±0,04
ПДК	1,0	0,2	40,0	10,0

Содержание тяжелых металлов в разных органах и тканях пеленгаса (табл.2) варьирует в широких пределах 0,002-2,94 мг/кг, но не превышает ПДК. Наибольший показатель свинца в печени – 0,25±0,06 мг/кг, что в 2,8 раз выше, чем в мышцах.

По содержанию меди наибольшие величины выявлены в чешуе 3,7±0,67мг/кг, что в 9,7 раз выше, чем в костной ткани и в 2,9 раз больше, чем в общей пробе. Такие же закономерности установлены и для бычка-кругляка и кефали.

Содержание цинка не превышает предельно допустимый уровень, наивысший показатель установлен в плавниках 2,94 ±0,76 мг/кг.

При рассмотрении в сравнительном аспекте аккумуляция тяжёлых металлов в органах и тканях видов придонного типа обитания бычка-кругляка и пеленгаса (табл. 1 и 2) установлено, что эти показатели колеблются в широких пределах. Так, количество свинца в печени бычка- кругляка составляет 0,22± 0,03 мг/кг, что в 8,8 раз выше, чем в пеленгасе. Кадмия в мышцах бычка 0,16±0,04 мг/кг, т.е.в 7 раз выше, чем в пеленгасе. Также у бычка-кругляка отмечены наиболее высокие показатели кадмия печени 0,29±0,05 мг/кг, что в 580 раз выше чем в пеленгасе. Наивысший показатель содержания цинка также отмечен у бычка-кругляка 5,57±1,03 мг/кг, т.е. в 35 раз выше, чем в пеленгасе. Медь накапливается более всего в чешуе бычка- кругляка 6,18±1,45 мг/кг, что в 1,6 раз больше, чем в пеленгасе. Такие колебания содержания тяжёлых металлов в органах и тканях бычка- кругляка и пеленгаса можно объяснить тем, что у бычка постоянная придонная среда обитания, а пеленгас активно мигрирует, поэтому меньше подвергается антропогенному воздействию токсикантов на организм в местах наибольшей токсикологической нагрузки.

Рассмотрим результаты исследования содержания тяжелых металлов в органах и тканях пелагических рыб на примере кефали.

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в органах и тканях (мг/кг) кефали (n=5)

Виды органов и тканей	Содержание тяжелых металлов			
	свинец	кадмий	цинк	медь
Общая проба	0,288±0,01	0,0086±0,00002	3,83±0,09	2,38±0,43
Печень	0,48±0,09	0,02±0,0005	1,48±0,09	2,9±0,08
Чешуя	0,26±0,07	0,006±0,0002	2,75±0,2	4,17±0,09
Мышцы	0,16±0,04	0,0032±0,00002	1,02±0,005	1,05±0,04
Плавники	0,07±0,004	0,019±0,007	0,2±0,06	2,01±0,1
Жабры	0,058±0,003	0,0011±0,00003	12,5±3,45	1,66±0,05
Костная ткань	0,0993±0,0001	0,002±0,0004	1,4±0,09	2,49±0,64
ПДК	1,0	0,2	40,0	10,0

Содержание солей тяжелых металлов кефали в тканях и органах не превышает ПДК (табл.3). Наиболее высокие величины аккумуляции свинца выявлены в печени 0,48±0,09 мг/кг, что в 1,67 раз больше, чем в общей пробе 0,288±0,01 мг/кг. При общем содержании цинка 3,83±0,09 мг/кг, показатель его в жабрах кефали выше общей пробы 3,26 раза. Содержание меди в общей пробе для кефали – 2,38±0,43мг/кг. По результатам исследования наибольшее накопление ее выявлено в чешуе 4,17±0,09 мг/кг.

Таким образом, при загрязнении водных экосистем Черного моря тяжелыми металлами популяции кефали безопасны как продовольственное сырье и его можно употреблять в пищу без ограничения.

Представляет значительный интерес также анализ результатов наших исследований по состоянию загрязнения тяжелыми металлами водной экосистемы Каламитского залива Черного моря, который прилегает к международному детскому курорту Евпатории, где расположено более 20 санаториев.

## Розділ 6. Ветеринарна патологія, морфологія та клінічна біохімія

**Таблица 4** – Содержание тяжелых металлов в морской экосистеме Каламитского залива Черного моря (мг/кг)

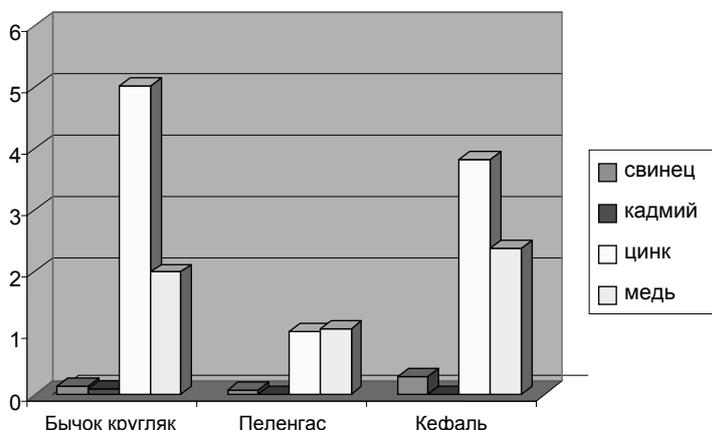
Наименование материалов	количество проб	Содержание тяжелых металлов							
		свинец		кадмий		Цинк		медь	
		Факт	ПДК	факт	ПДК	факт	ПДК	факт	ПДК
Бурые водоросли	6	0,06±0,001	10,0	0,019±0,0001	2,0	0,25±0,006	200,0	5,62±1,1	30,0
Донные отложения	5	0,44±0,05	32,0	0,002±0,0005	-	0,6±0,009	23,0	0,08±0,007	3,0
Морская вода	7	0,004± 0,0006	0,03	0,0001±0,00001	0,001	0,002±0,0001	1,0	0,03±0,005	1,0

Как видно из результатов исследований (табл. 4), содержание тяжелых металлов отвечает критериям безопасности, которые нормируются МБТ № 5061-89 и ДСТУ 3781-98.

Соответственно полученным данным, можно сделать вывод, что наибольшее количество свинца установлено в донных отложениях, что в 110 раз больше, чем в морской воде, содержание кадмия в донных отложениях в 20 раз больше, чем в воде, а содержание цинка превышает данный показатель в 300 раз.

Наибольшее содержание меди установлено в бурых водорослях по сравнению с донными отложениями и морской водой. Следует заметить, что в морских водорослях эти показатели ниже ПДК в 5,33 раз, в донных отложениях и морской воде соответственно 37,5-33,3 раз.

Обобщим накопление тяжёлых металлов в общих пробах изученных нами рыб с учётом их места обитания (рис1).



**Рис 1** Сравнительная характеристика накопления тяжелых металлов в общих пробах морских рыб, мг/кг.

Как видно на представленной гистограмме в общих пробах рыб (бычка- кругляка, пеленгаса и кефали) содержание свинца, кадмия цинка и меди не превышает ПДК, однако у каждого вида рыб количество тяжёлых металлов варьируется в широких пределах, что наглядно характеризуют данные таблиц 1, 2, 3.

### Выводы.

1. Установлено, что наиболее высокие показатели содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия, цинка, меди) были обнаружены в печени, чешуе и мышцах рыб придонного типа обитания – бычка-кругляка и пеленгаса, по сравнению с рыбой пелагического типа обитания – кефалью.

2. Динамика аккумуляции тяжелых металлов меди, свинца, кадмия и цинка в органах и тканях рыб колеблется в широких пределах, но не превышает ПДК.

3. У рыбы придонного типа питания (бычок-кругляк) накапливается больше тяжелых металлов (например, кадмия 0,29 мг/кг в печени), чем в тканях пелагических рыб.

4. В морской экосистеме Черного моря в акватории Каламитского залива из тяжелых металлов наибольшее содержание свинца и цинка – в донных отложениях (0,44 и 0,6 мг/кг), меди - в бурых водорослях (5,62 мг/кг), кадмия – в морской воде и бурых водорослях, хотя в целом эти показатели ниже ПДК.

### Список литературы

1. Гаевская, А.В. Паразитология и патология рыб: энциклопедический словарь-справочник (издание второе, дополненное и переработанное) – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2006. – 396 с.
2. Залевская, И.Н. Экотоксикология [Текст] / И.Н. Залевская, Н.И. Руднева. – Симферополь: ТНУ, 2003. – 31 с.
3. Rudnera, J.J. Petzold – dradieu. Environmental and security challenges in the Black Sea [Text] / J.J. Rudnera. – Netherlands Kluwer Academic Publishins, 2001. – P. 189-202.
4. Будников, Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем [Текст] / Г.К. Будников // Биология. – Казань: Казанский гос. ун-т, 1998. – С. 25-31.
5. Межгосударственный стандарт. Сырьё и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов ГОСТ 26929-94. Введен в действие с 1 января 1996 г.
6. ЗАО «НПКФ АКВИЛОН» методика выполнения массовой доли кадмия, свинца, меди и цинка в пищевой продукции методом инверсионной вольтамперметрии ФР 1.34.2005. 01733 – М 2006. – 15 с.
7. Национальный стандарт України «Риба жива» Загальні технічні умови ДСТУ 2284-93. Затверджений 22.02.93. Введено в дію 1.07.93р.
8. Медико-биологические требования. Нормы качества продовольственного сырья и пищевой продукции №5061-89. – М. 1989. – С. 3-5.

### MONITORING OF MAINTENANCE OF HEAVY METALS IN ORGANS AND FABRICS OF FINFISHES AND WATER ECOSYSTEMS OF KALAMITSK BAY OF THE BLACK SEA

**Boldirev D.A.**

*Crimean Research Station of National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine»*

*The analysis of maintenance of heavy metals in organs and tissues of fishes, water ecosystems of Kalamitsk bay of the Black Sea are carried out. The highest indexes of heavy metals in fishes of near-bottom type of feed are exposed in a liver, scale and muscles in comparison with pelagian. Dynamics of accumulation of toxic elements: copper, lead, cadmium and zinc hesitates in wide limits, but does not exceed possible indexes border.*