

УДК 556. 574. 550.4

О.А. Шарипова *

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМАХ РЫБ ОЗЕРА БАЛХАШ*ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ПОЛЛЮТАНТЫ, АККУМУЛЯЦИЯ, УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ВОДНАЯ СРЕДА, МИГРАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ*

В статье представлены материалы исследований о содержании и распределении тяжелых металлов в тканях и органах рыб озера Балхаш. Анализ результатов показал, что доминирующим накопителем в организме рыб является цинк. Аккумуляция металлов в большей степени происходит в печени и жабрах. Рассмотрены различия в накоплении токсикантов в организмах рыб в зависимости от уровня загрязнения среды обитания, типа питания, химических свойств и миграционной активности металла.

Прогрессирующее загрязнение рыбохозяйственных водоемов приводит к значительному ухудшению условий обитания гидробионтов, что может вызывать глубокие экологические нарушения, способствовать снижению продуктивности водных экосистем. Среди поллютантов современного загрязнения особо выделяются тяжелые металлы, обладающие высокой стабильностью и кумулятивным эффектом. Именно эти токсиканты, накапливаясь по трофическим цепям до концентраций в сотни и тысячи раз превышающие их содержание в воде, могут вызвать нарушение физиологических и биохимических процессов в организме рыб, привести к многофункциональным изменениям патологического характера в органах и тканях.

Балхаш-Илейская система – крупный рыбопромысловый район Республики Казахстан. Также здесь расположены промышленные объекты, с техногенными водами и выбросами которых в водную среду поступает значительное количество вредных веществ, в том числе и тяжелых

* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

металлов. Вопросы определения степени поступления, накопления и перераспределения микроэлементов в организмах рыб оз. Балхаш освещены в ряде научных статей [1, 3, 4].

В статье использованы материалы мониторинговых научных исследований 2012...2013 гг. в сравнительном аспекте с данными 1997...1999 гг. Объектом исследований послужили мышечная ткань, жабры и печень рыб в зависимости от типа питания (представитель хищников – судак, представитель бентофагов – лещ), выловленных в разных районах озера. В исследуемых образцах после сухой минерализации атомно-абсорбционным методом определялись содержания валовых форм меди, цинка, свинца и кадмия.

Известно, что уровень накопления поллютантов в организме рыб различен как по отдельным элементам между особями одного типа питания, так и между особями разных видов. Процесс трансформации токсиантов по основным компонентам экосистемы и аккумуляции их в тканях и органах рыб зависит от уровня загрязнения среды обитания, характера кормовой базы и ряда биологических особенностей вида, а также от химической природы и форм миграции токсического агента [2]. Результаты токсикологических исследований рыб озера представлены в табл. 1.

Таблица 1
Содержание металлов в мышцах и органах рыб оз. Балхаш в 2013 г.
(средние значения)

Металл	Судак, мг/кг		Лещ, мг/кг	
	сухого вещества	сырой массы	сухого вещества	сырой массы
	мышечная ткань			
Медь	4,6	0,52	5,2	0,61
Цинк	12,6	1,48	9,8	1,17
Свинец	6,1	0,69	8,7	1,04
Кадмий	0,41	0,07	0,36	0,05
	жабры			
Медь	9,9	2,47	7,3	1,40
Цинк	52,9	13,2	38,2	7,35
Свинец	15,5	3,8	15,1	2,90
Кадмий	0,64	0,16	0,95	0,18
	печень			
Медь	13,5	3,03	36,6	6,78
Цинк	30,6	6,86	49,3	9,13
Свинец	8,8	1,97	9,1	1,68
Кадмий	0,83	0,18	0,78	0,14

Доминирующее положение по накоплению в мышечной ткани занимает цинк в пределах 6,8...19,0 мг/кг сухого вещества. Медь аккумулируется в количестве 3,8...6,2 мг/кг, свинец – 2,8...15,2 мг/кг. В минимальных концентрациях 0,20...0,50 мг/кг содержится кадмий.

Аккумуляция металлов в жабрах значительно выше, чем в мышечной ткани. Приоритетными накопителями являются цинк и свинец, с концентрацией 23,6...79,6 мг/кг и 13,0...17,4 мг/кг сухого вещества соответственно. Содержание меди варьирует в пределах 5,4...28,0 мг/кг. В меньших количествах накапливается кадмий – 0,2...2,0 мг/кг.

Анализируя полученные данные по содержанию тяжелых металлов в печени рыб, констатируем следующее: в больших количествах в печени относительно мышечной и жаберной тканей накапливается медь, в пределах 5,8...86,0 мг/кг сухого вещества, и цинк – 27,4...84,8 мг/кг. Свинец обнаружен в печени рыб в количестве 5,6...11,8 мг/кг, кадмий – 0,2...1,8 мг/кг.

На основе полученного материала были составлены следующие характерные ряды по накоплению металлов в органах и тканях рыб в порядке убывания их концентрации:

мышечная ткань и жабры	$Zn > Pb > Cu > Cd$;
печень	$Zn > Cu > Pb > Cd$.

Следует отметить, что концентрирование элементов в судаке и леще происходит аналогично. В печени миграционная активность меди выше, чем свинца. Ряды накопления элементов, характерные для представителей ихтиофауны оз. Балхаш, сопоставимы с данными исследований других водоемов Казахстана [2]. Установлено, что до 1996 г. в экосистеме оз. Балхаш по биоаккумуляции в мышечной ткани рыб тяжелые металлы располагались в следующей последовательности: $Cu > Zn > Pb > Cd$. Как видно, на современном этапе медь из лидирующего компонента переместилась на третье место, доминирующее положение заняли цинк и свинец.

Результаты экспериментальных данных ученых показали, что медь и кадмий первоначально накапливаются в тканях главных внутренних органов, а не в мышцах. В отличие от кадмия и меди уровни накопления свинца в мышцах рыб обычно незначительно ниже, чем в органах, так как низкая растворимость солей свинца ограничивает его движение через клеточные мембраны. Высокое содержание цинка у рыб отмечается в специфических органах [5]. Характерные закономерности в распределении тяжелых металлов в организме рыб подтверждают и наши исследования.

Процентное соотношение содержаний каждого элемента в мышечной ткани, жабрах и печени рыб наглядно отражено на рис.

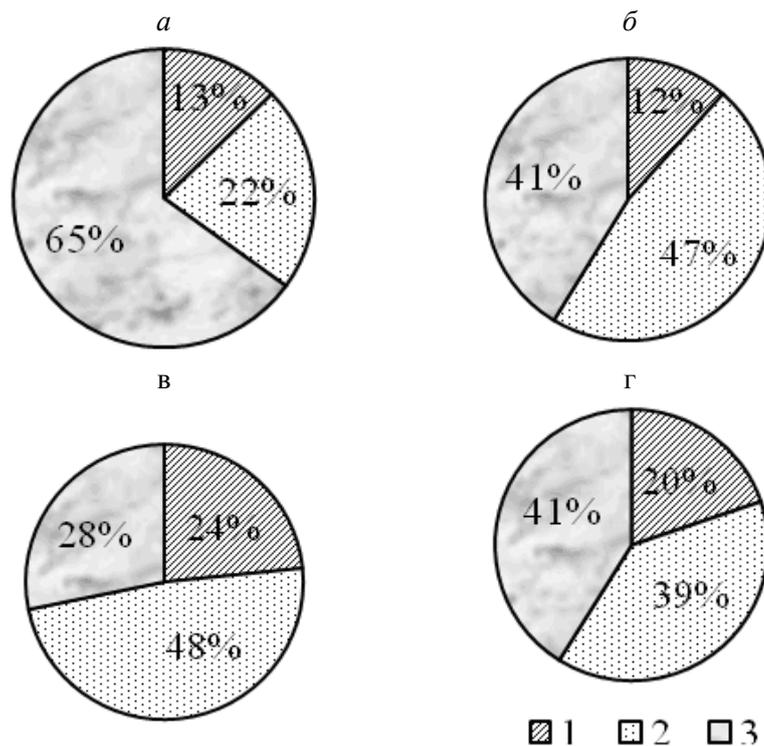


Рис. Процентное соотношение накопления меди (а), цинка (б), свинца (в), кадмия (г) в мышцах (1), жабрах (2), печени (3) рыб оз. Балхаш.

Медь и кадмий доминируют в печени с процентным содержанием 65 и 41 соответственно. Наиболее высокий уровень накопления свинца – 48 % и цинка – 47 % в жаберной ткани рыб. Концентрация всех компонентов, особенно меди и цинка (12...13 %), ниже в мышечной ткани рыб.

Вопрос аккумуляции тяжелых металлов рыбами в зависимости от типа питания рассматривался многими исследователями, но полученные данные весьма противоречивы, что, по-видимому, связано с приоритетным влиянием других факторов: особенностями формирования кормовой базы, токсикологическим состоянием водной среды и т.д.

Анализ материалов наших исследований показал, что по типу питания бентофаги лидируют по накоплению в мышцах меди и свинца, в печени – меди, цинка и свинца. У хищников в мышечной ткани превалирует цинк. В жабрах в большей степени (в 1,1...1,3 раза) накапливаются медь, цинк и свинец. Накопление кадмия в организмах рыб не зависит от типа питания.

Результаты многолетних исследований свидетельствуют об определенной зависимости накопительной способности металлов в рыбе от уровня загрязнения водной среды. Повышенные концентрации токсикантов в отдельных экземплярах рыб характерны для районов, подверженных антропогенному влиянию промышленных комплексов. Содержание свинца в 1,6...2,5 раза выше в мышечной ткани рыб, выловленных в приустьевых участках р. Каратал Восточного Балхаша, что обусловлено высокими концентрациями данного токсиканта в водной среде в связи с деятельностью свинцово-цинкового комбината. Аккумуляция меди и цинка в 1,2...1,5 раз выше в мышцах особей в районах Западного Балхаша в результате происходящих процессов сукцессии поллютантов, обусловленных многолетним техногенным прессом металлургического производства.

Для сравнения в статье представлены многолетние значения содержания тяжелых металлов в мышечной ткани, жабрах и печени рыб, независимо от типа питания (табл. 2).

Таблица 2

Среднее содержание тяжелых металлов в мышечной ткани (1), жабрах (2) и печени (3) рыб, мг/кг сырой массы

Металл	1997...1999 гг.			2013 г.		
	1	2	3	1	2	3
Медь	0,66	2,59	18,9	0,56	1,94	4,9
Цинк	1,42	33,8	11,49	1,33	10,3	7,99
Свинец	0,59	6,59	2,10	0,87	3,35	1,83
Кадмий	0,04	0,16	0,14	0,06	0,17	0,16

Анализ имеющегося материала свидетельствует, что в мышечной ткани рыб произошло снижение содержания меди и цинка в 1,1...1,2 раза относительно средних показателей 1997...1999 гг. Накопление свинца возросло в 1,5 раза. В жабрах накопительная способность к 2013 г. уменьшилась по меди в 1,3 раза, цинку – 3, раза, свинцу – 2 раза. Аналогичная тенденция характерна и для печени, т.е. количество меди снизилось в 3,8 раза, цинка – 1,4 раза, свинца – 1,1 раза. Многолетняя динамика кадмия остается практически на одном уровне.

Согласно действующим Санитарным правилам «Санитарно-эпидемиологические требования к пищевой продукции» допустимые уровни свинца в рыбе, употребляемой в пищу, составляют не более 1,0 мг/кг. Полученные нами данные по содержанию свинца в мышечной ткани рыб, в переводе на сырую массу, превышают нормативы безопасно-

сти в 1,1...2,5 раз в 21 % леща и 30 % судака, выловленных в районах Восточного Балхаша. В экземплярах рыб из районов Западного Балхаша концентрация свинца не превышает допустимые нормативные показатели. Многолетние исследования показывают, что рыба оз. Балхаш по содержанию остальных токсикантов соответствует гигиеническим требованиям к безопасности пищевых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А., Лопарева Т.Я., Асылбекова С.Ж., Кенжебеков Б.К., Исмуханов Х.К. Ихтиофауна и уровень бионакопления токсикантов в рыбах оз. Балхаш // Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш. – Алматы: Каганат, 2002. – С. 71-104.
2. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер. – Алматы: Бастау, 2006. – 368 с.
3. Григорьева Э.Н. Влияние антропогенных факторов на состояние водной экосистемы озера Балхаш // Материалы конф. Проблема сохранения озера Балхаш и рационального использования его сырьевых ресурсов. – Балхаш, 1992. – С. 27-28.
4. Лопарева Т.Я., Шарипова О.А., Мукашева А.С. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в организмах промысловых видов рыб озера Балхаш // Современные проблемы зоологии и паразитологии: Матер. Междун. научной конференции, ВГУ – Воронеж, 2013. – С. 86-88.
5. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

Поступила 19.02.2014

О.А. Шарипова

БАЛҚАШ КӨЛІНДЕГІ БАЛЫҚТАРДЫҢ АҒЗАЛАРЫНДА АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ТАРАЛУЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ

Мақалада Балқаш көліндегі балықтарының ағзаларында ауыр металдардың таралуын зерттеу нәтижелері көрсетілген. Сараптау нәтижелері балықтар ағзаларында мырыштың көлемі басым екені анықтады. Металдар көбінесе бауырда және желбезекте жинақталады. Токсиканттардың жинақталуы ортаның ластану деңгейіне, балықтың қоректену түріне, химиялық көрсеткіштер және металдың миграциялық белсенділігіне байланыстылығы қарастырылған.