

*Т. Я. Лопарёва, О. А. Шарипова, Л. В. Петрушенко*

## УРОВЕНЬ НАКОПЛЕНИЯ ТОКСИКАНТОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ РЫБ В ВОДНЫХ БАСЕЙНАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Исследуется динамика токсикологического загрязнения мышечной ткани рыб (хищников и бентофагов) пяти водных бассейнов Республики Казахстан, изучены пространственно-временные закономерности накопления микроэлементов (медь, цинк, свинец, никель, кадмий) ихтиофауной. Максимальное накопление металлов характерно для рыб озера Балхаш. К водоемам со средней степенью загрязнения относятся: водохранилища Капшагай и Каратомарское, озера Алакольской системы, водоемы Ертисского и Жайык-Каспийского бассейнов. Минимальное количество тяжелых металлов накапливают рыбы Арало-Сырдаринского бассейна, Самаркандского и Астанинского водохранилищ. Доминантом по накоплению в мышцах рыб во всех бассейнах является цинк. В меньших количествах накапливаются медь и свинец. К приоритетным накопителям цинка относятся бентофаги. Выявлена положительная статистически значимая зависимость между накоплением токсикантов в мышцах рыб и их содержанием в среде обитания. Существует тесная корреляционная связь между накоплением металлов в мышечной ткани бентофагов и бентосных организмов.

**Ключевые слова:** водные бассейны Казахстана, бентос, биоаккумуляция, хищники, бентофаги, тяжелые металлы, токсиканты, мышечная ткань рыб, корреляционная зависимость.

### Введение

Вопрос о сохранении водных ресурсов и их рациональном использовании приобретает в настоящее время актуальное значение, тем более что все возрастающее вмешательство человека в природу не всегда оказывается положительным. В Экологическом кодексе Республики Казахстан целый раздел посвящен мониторингу окружающей среды, включая водные объекты страны. Самые жесткие требования к качеству поверхностных вод предъявляются для рыбохозяйственных водоемов по токсикологическим критериям с учетом совместимости гидробионтов и загрязняющих веществ водных объектов.

Водоемы рыбохозяйственного значения Республики Казахстан расположены в техногенной зоне, поэтому качественный состав их водной среды формируется под влиянием природных и антропогенных факторов, при этом антропогенное воздействие на экосистему является доминирующим. В рамках эколого-токсикологического мониторинга выявляется, что антропогенное загрязнение водоема, уменьшая эффективность использования энергии пищи на рост рыб, может служить одной из причин потери ихтиомассы водоема.

Основными источниками загрязнения водных бассейнов являются крупные промышленные производства: ПО «Балхашцветмет»; Усть-Каменогорский свинцово-цинковый металлургический промышленный комплекс; Зыряновский горно-обогатительный комплекс ОАО «Казцинк»; Ульбинский металлургический завод; металлургическое производство международной корпорации «Миттал Стил»; Челябинский металлургический комбинат, Магнитогорский металлургический комбинат и др.

Мощная антропогенная нагрузка от вышеперечисленных основных источников сказывается на количественных и качественных показателях биоты, существенно нарушает условия естественного воспроизводства рыб. В организмах гидробионтов регистрируется накопление различных токсических соединений, что снижает численность видов и качество рыбы как пищевого продукта.

Среди загрязняющих веществ особое положение занимают тяжелые металлы, оказывающие токсическое действие на живые организмы и пагубно влияющие на биоценозы. В значительной мере это обусловлено тем, что многие из них обладают биологической активностью и, в отличие от органических соединений, не подвергаются трансформации в организме гидробионтов, крайне медленно покидая биологический цикл.

Медь, свинец, цинк, кадмий выделены Агентством по охране окружающей среды (США) как приоритетные при организации мониторинга и оценке их вредного воздействия на водные экосистемы.

Рыбы выступают в роли важнейшего и наиболее чувствительного компонента водных экосистем. Они обладают длительным жизненным циклом, благодаря чему способны накапливать информацию об антропогенном влиянии, в том числе о техногенном загрязнении водоемов.

В связи с вышеизложенным целью нашего исследования являлись изучение и оценка воздействия токсикантов неорганического происхождения на состояние промысловых видов рыб водных бассейнов Республики Казахстан, а также выявление корреляционной зависимости накопления тяжелых металлов в рыбах от загрязнения кормовых организмов и среды обитания.

### Материал и методы исследований

Для анализа многолетней динамики использовались мониторинговые исследования гидрохимического, токсикологического, биологического состояния экосистем пяти бассейнов: Балхаш-Алакольский (оз. Балхаш, вдхр. Капшагай, озера Алаколь и Сасыкколь), Ертиский (оз. Жайсан, вдхр. Буктырма и Шульбинское, р. Ертис), Арало-Сырдаринский (Аральское (Малое) море, р. Сырдария), Жайык-Каспийский (реки Жайык и Кигаши), Центральный Казахстан (Каратомарское, Астанинское, Самаркандское водохранилища). Гидрохимические исследования проводились согласно методическим руководствам О. А. Алекина, А. Д. Семенова [1, 2], отбор и обработку проб макрозообентоса проводили по стандартному методическому пособию [3].

Накопление тяжелых металлов исследовалось в мышечной ткани рыб двух видов – хищники и бентофаги. Всего было исследовано 205 образцов рыб.

Микроэлементы (медь, цинк, свинец, никель, кадмий) в воде, донных отложениях, мягкой водной растительности, кормовых организмах и рыбе определялись на атомно-абсорбционном спектрометре согласно методическим указаниям [4]. Статистическую обработку данных для выявления основных трендов в изменчивости абиотических (вес рыбы и линейные характеристики) и биотических параметров (аккумуляция токсикантов в мышечной ткани рыб) проводили с помощью программ Excel и Statistica [5].

Максимально допустимые уровни (МДУ) токсикантов в рыбе оценивались согласно действующим санитарным нормам [6].

### Результаты исследований

Сравнительный анализ накопительной способности тяжелых металлов ихтиофауны исследуемых бассейнов показал существующую зависимость загрязнения мышечной ткани рыб от воздействия техногенных источников (рис. 1).

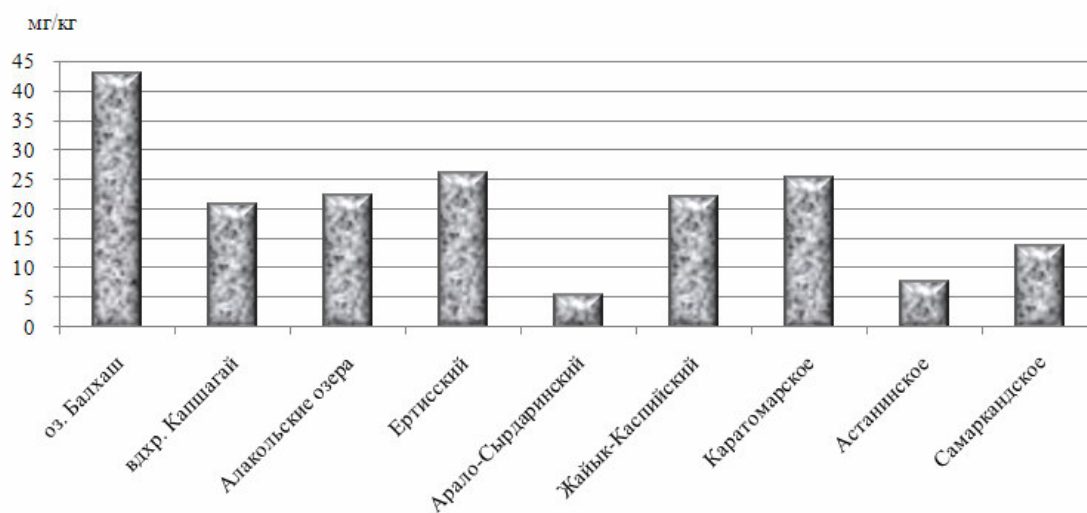


Рис. 1. Накопление тяжелых металлов в мышцах рыб водоемов

Наибольший уровень загрязнения рыб токсикантами характерен для оз. Балхаш. Суммарное содержание токсикантов (42,8 мг/кг) превышает в 1,7–2,1 раза аналогичные показатели водоемов со средней степенью загрязнения и в 6,7 раза – с низкой степенью загрязнения. К водо-

емам со средней степенью загрязнения мышечной ткани рыб (20,6–25,9 мг/кг) относятся: вдхр. Капшагай и Каратомарское, озера Алакольской системы, водоемы Ертисского и Жайык-Каспийского бассейнов. Минимальное количество тяжелых металлов (5,3–13,7 мг/кг) накапливают рыбы Арало-Сырдаринского бассейна, Самаркандского и Астанинского водохранилищ.

Данные об уровне накопления токсикантов в мышцах рыб в рыбохозяйственных водоемах представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб исследуемых водоемов

Водоем	Вид рыб	Металлы, мг/кг				
		Медь	Цинк	Свинец	Никель	Кадмий
Западный Балхаш	Сазан	1,03–11,9	12,8–72,5	3,44–58,7	0,16–0,32	0,16–4,12
	Судак	2,04–6,67	4,73–43,4	5,80–49,5	0,15–0,60	0,17–2,69
Восточный Балхаш	Сазан	2,52–4,62	19,1–37,4	3,29–4,79	0,45–1,22	0,08–0,23
	Судак	0,84–3,54	13,0–30,9	3,55–4,26	0,44–0,72	0,08–0,18
Водохранилище Капшагай	Лещ	0,81–1,25	14,5–22,10	0,26–0,75	0,27–0,92	0,09–0,60
	Судак	0,93–1,66	14,0–25,60	0,45–2,13	0,34–0,69	0,04–0,25
Озера Алаколь, Сасыкколь	Лещ	0,68–1,56	12,2–28,1	0,29–8,37	0,28–0,91	0,08–0,19
	Судак	0,41–2,06	15,2–28,0	0,48–2,93	0,26–0,65	0,88–0,14
Озеро Жайсан	Хищник	1,38–1,59	16,6–31,4	1,03–1,38	0,45–0,71	0,47–0,55
	Бентофаг	0,90–1,66	24,4–41,0	1,02–1,54	0,35–0,73	0,51–0,52
Водохранилище Буктырма	Хищник	1,24–1,61	15,6–19,6	1,20–1,45	0,54–0,68	0,51–0,58
	Бентофаг	0,92–1,22	14,2–17,0	0,70–4,14	0,54–0,64	0,40–0,57
Шульбинское вдхр.	Хищник	1,58–2,47	16,0–19,2	1,22–1,29	0,38–0,53	0,36–0,53
	Бентофаг	1,97–3,27	13,2–26,0	0,83–1,40	0,53–0,93	0,47–0,59
Река Ертис	Хищник	1,53–2,52	17,0–19,40	1,44–1,54	0,50–0,65	0,51–0,64
	Бентофаг	1,18–3,02	14,6–60,0	0,97–1,39	0,48–0,55	0,46–0,55
Малое Аральское море	Лещ	0,31–1,60	3,71–5,77	0,04–0,17	0,02–0,06	0,05–0,65
	Судак	0,33–1,0	2,69–4,84	0,05–0,09	0,01–0,04	0,03–0,09
Река Сырдария	Лещ	0,10–0,59	3,21–5,20	0,04–0,05	0,01–0,06	0,04–0,07
	Судак	0,33–0,45	3,70–6,01	0,05–0,15	0,02–0,07	0,04–0,10
Река Жайык (Атырау)	Сазан	0,44–0,75	23,9–32,8	0,08–0,14	0,03–0,13	0,13–1,06
	Судак	0,45–1,59	9,96–28,8	0,02–0,27	0,08–0,21	0,16–0,24
Река Кигаш	Сазан	0,18–0,36	19,2–19,4	0,58–0,62	0,34–0,37	0,20–0,23
	Судак	0,58–1,76	10,8–17,3	0,44–3,04	0,15–0,95	0,21–1,10
Каратомарское	Лещ	1,02–2,09	12,7–18,6	0,11–36,7	0,13–1,26	0,18–0,21
	Щука	0,83–17,7	3,50–9,51	0,09–27,3	0,09–3,14	0,09–0,69
Астанинское	Лещ	0,14–0,90	3,98–10,4	0,26–0,27	0,11–0,18	0,10–0,18
	Щука	0,19–1,31	3,47–8,09	0,12–0,14	0,09–0,11	0,10–0,15
Самаркандское	Лещ	1,19–1,29	12,3–13,3	0,11–0,13	0,13–0,25	0,15–0,18
	Щука	0,90–1,73	11,5–11,9	0,08–0,16	0,13–0,25	0,15–0,18

Как показали исследования, доминирующим накопителем в мышечной ткани рыб является цинк. Максимальные значения (37,4–72,5 мг/кг) отмечаются в мышцах рыб в озерах Балхаш и Жайсан, р. Ертис. В самых значительных количествах (17,3–31,0 мг/кг) накапливается цинк в образцах рыб вдхр. Капшагай, Буктырма, Шульбинское, Алакольские озера, реки Жайык и Кигаш. В меньших концентрациях (2,69–13,3 мг/кг) цинк обнаружен в рыбах Аральского (Малого) моря, р. Сырдария, водохранилищах Центрального Казахстана.

Следующими компонентами по величине концентрации являются свинец и медь, которые в пределах 17,2–58,7 и 11,9–17,7 мг/кг соответственно преобладают в мышцах рыб оз. Балхаш и вдхр. Каратомарское, в большей степени подверженных техногенному загрязнению. Для остальных водоемов концентрации свинца и меди практически равнозначны и составляют 0,02–8,37 и 0,14–6,67 мг/кг соответственно.

Содержание никеля и кадмия в мышечной ткани рыб по водоемам характеризуется идентичными показателями – 0,08–3,14 и 0,03–4,12 мг/кг соответственно, с максимальными значениями никеля в Каратомарском водохранилище и кадмия – в Западном Балхаше.

По накопительной способности металлы в мышечной ткани рыб располагаются в определенной последовательности:

- Балхаш-Алакольский бассейн:  $Zn > Pb > Cu > Ni > Cd$ ;
- Ертисский бассейн и водоемы Центрального Казахстана:  $Zn > Cu > Pb > Ni > Cd$ ;
- Арало-Сырдаринский бассейн:  $Zn > Cu > Pb \geq Ni \geq Cd$ ;

– Жайык-Каспийский бассейн:  $Zn > Cu > Pb \geq Cd \geq Ni$ .

Межгодовая динамика микроэлементов носит сложный характер, для одних элементов прослеживается тенденция к росту концентраций, для других – к снижению их содержания. Установлено, что до 1998 г., в период сброса сточных вод Балхашского металлургического комплекса, тяжелые металлы в мышечной ткани рыб располагались следующим образом:  $Cu > Zn > Pb > Cd$  [7]. В настоящее время, после прекращения поступления сточных вод непосредственно в бухту Бертыс и залив Торангалык, происходит очищение экосистемы от токсикантов [8]. Медь переместилась на третье место, доминирующее положение заняли цинк и свинец.

Для анализа биоаккумуляции токсикантов рыбами в зависимости от типа питания и местообитания использовались два вида рыб: хищники (сом, судак) и бентофаги (сазан, лещ). Накопительная способность рыб по результатам многолетних исследований на примере оз. Балхаш отражена на рис. 2.

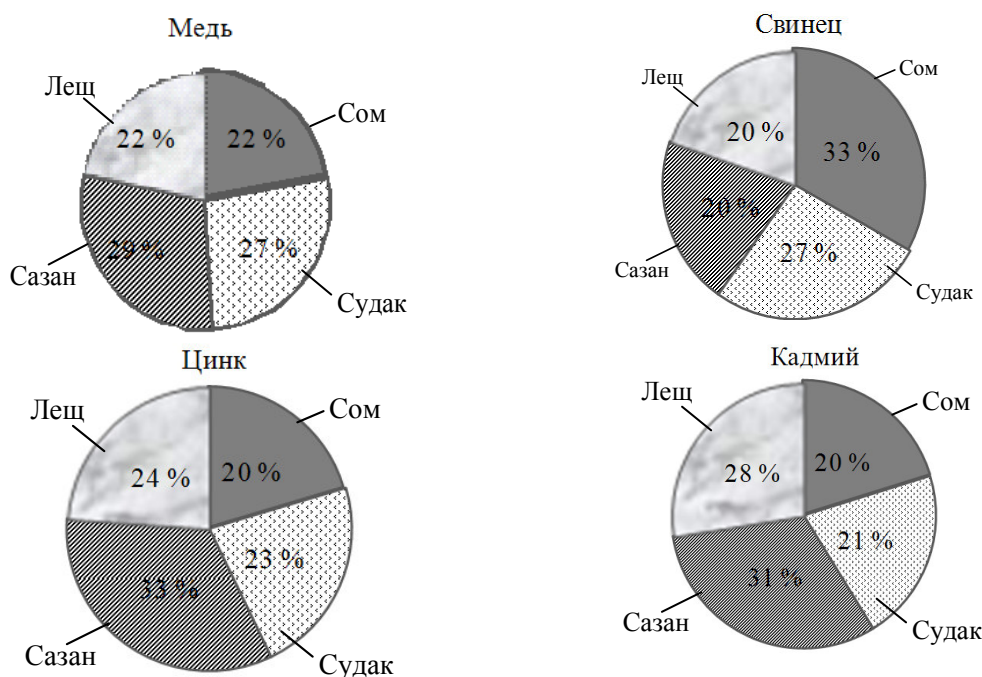


Рис. 2. Соотношение накопления тяжелых металлов в мышечной ткани рыб оз. Балхаш, %

В больших количествах цинк и кадмий аккумулируют бентофаги, среди которых лидирует сазан – 33 и 31 % соответственно. Несколько ниже накопительная способность у леща: цинк – 24 %, кадмий – 28 %. В мышечной ткани хищников эти элементы обнаружены в меньших концентрациях, составляющих 20–23 %.

По степени накопления свинца доминируют хищники, в большей степени сом – 33 %, в меньшей степени судак – 27 %. Свинец в мышцах бентофагов содержится в одинаковых концентрациях, составляющих 20 %.

Как показали анализы, кумулятивная способность меди не зависит от типа питания рыб и выше у сазана – 29 % и судака – 27 %.

Для вдхр. Капшагай характерно максимальное накопление металлов в мышечной ткани судака. Наименьший уровень кумуляции металлов отмечен в мышцах леща.

В Алакольских озерах доминантами по накоплению цинка и свинца являются бентофаги, остальные компоненты накапливаются рыбами в равнозначных количествах, независимо от типа питания [9].

Существенных различий по накоплению свинца, кадмия, никеля в мышцах рыб водоемов Ертисского бассейна в зависимости от вида рыб и типа их питания не наблюдается. Однако цинк и медь, за редким исключением, в большей степени накапливают бентофаги в оз. Жайсан и Шульбинском водохранилище, хищники – в водохранилище Буктырма и р. Ертис.

Определенная зависимость в накопительной способности рыб от типа питания в Жайык-Каспийском и Арало-Сырдаринском бассейнах отсутствует [10].

В Каратомарском водохранилище цинк и свинец преобладают в мышечной ткани бентофагов, медь, никель и кадмий – в мышцах хищников.

Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб водоемов исследуемых бассейнов, за исключением оз. Балхаш, не превышает МДУ и соответствует санитарным нормам. Превышение МДУ по свинцу в 1,8–6,8 раза в мышечной ткани рыб отмечается по всей акватории оз. Балхаш в 29 % исследованных особей сазана и судака и в 57 % особей леща.

Тенденция к снижению концентрации металлов в экосистеме и мышцах рыб позволяет констатировать, что уровень влияния загрязняющих компонентов и их потенциал недостаточно высоки, чтобы вызвать деградирующее воздействие на качество рыбы как пищевого продукта.

В ходе исследований были проведены расчеты корреляционной зависимости концентрации тяжелых металлов в мышечной ткани рыб – бентофагов (сазан) и хищников (судак) от накопления их в бентосных организмах, донных отложениях, водной среде; а также зависимости веса рыбы от содержания накопительных ими отдельных металлов оз. Балхаш.

Токсичные вещества, находясь хотя бы в одной из составляющих биоценозов, способны влиять на формирование локальных группировок рыб. Так, например, при сравнении линейно-весовых характеристик рыб с различным типом питания выявляется зависимость веса рыб от концентрации токсиканта – свинца.

На рис. 3 видно, что у судака наблюдается обратно пропорциональная зависимость между этими величинами: максимумам линии веса соответствуют минимумы линии концентрации свинца в мышцах. На длине рыб колебания концентрации свинца в мышцах практически не отражаются.

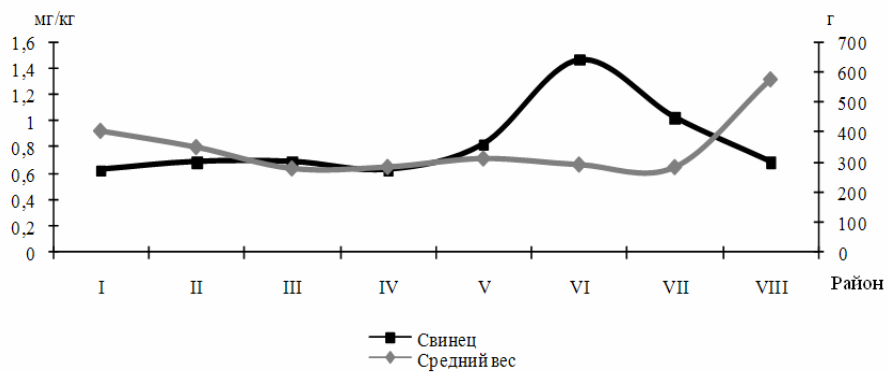


Рис. 3. Зависимость весовых параметров судака от содержания в мышцах свинца

Данную зависимость для сазана отражает рис. 4. Эти факты свидетельствуют о том, что тяжелые металлы могут влиять на ихтиофауну на уровне организма (физиологические и морфологические изменения вследствие длительного воздействия токсикантов), а также, в дальнейшем, на уровне популяции (изменение скорости роста, сроков созревания).

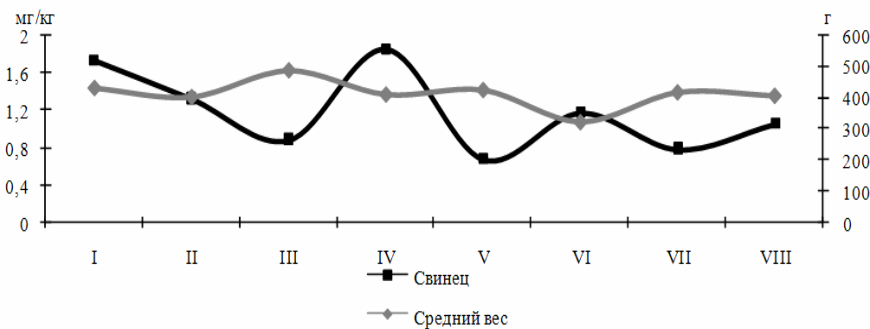


Рис. 4. Зависимость весовых параметров сазана от содержания в мышцах свинца

Коэффициент корреляции, полученный при расчете ( $R = 0,90$ ), показал по шкале Чеддока весьма высокую зависимость накопления тяжелых металлов в рыбах-бентофагах от степени загрязнения бентосных организмов по всей акватории оз. Балхаш [11].

Выявлена статистически значимая зависимость биоаккумуляции металлов в мышцах хищников Западного Балхаша от загрязнения водной среды – коэффициент корреляции составляет 0,64. Зависимость аналогичных показателей для Восточного Балхаша количественно определяется значением коэффициента корреляции 0,17, что соответствует по шкале Чеддока очень слабой тесноте связи.

Между накоплением тяжелых металлов в мышечной ткани бентофагов и загрязнением донного субстрата в Западном Балхаше существует статистически незначимая отрицательная связь ( $R = -0,37$ ). Для аналогичных показателей Восточного Балхаша характерна высокая положительная корреляционная зависимость ( $R = 0,83$ ).

Для объективной оценки промышленного влияния на загрязнение токсикантами гидробионтов необходимо учитывать ионно-солевой состав воды исследуемого водоема. С увеличением солёности, жесткости, щёлочности воды токсичность металлов снижается, что повышает толерантную способность и устойчивость водных организмов к высоким концентрациям металлов [12]. Наличие существенных колебаний гидрохимических показателей (солёность, жесткость, щёлочность) Западного и Восточного Балхаша приводит к разнообразию корреляционных связей между биотическими и абиотическими факторами.

### Заключение

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Обзор источников загрязнения свидетельствует, что водоемы рыбохозяйственного назначения на территории Казахстана подвергаются, в различной степени, техногенному и сельскохозяйственному воздействию. Лидируют по техногенному загрязнению бассейны Жайык-Каспийский, Балхаш-Алакольский (оз. Балхаш и вдхр. Капшагай), Ертисский, отдельные водоемы Центрального и Северного Казахстана. Загрязнению от источников сельскохозяйственного назначения в большей степени подвержены водоемы Арало-Сырдаринского бассейна, озера Алакольской системы, Астанинское водохранилище.

2. Данные по обобщающей динамике токсикологического загрязнения, уровня накопления токсикантов в биологических объектах экосистем пяти водных бассейнов и изучение пространственно-временных закономерностей накопления микроэлементов ихтиофауной показали, что:

- наибольший уровень загрязнения токсикантами рыб характерен для оз. Балхаш (42,8 мг/кг);
- суммарное содержание металлов превышает в 2 раза аналогичные показатели водоемов со средней степенью загрязнения, составляющей 20,6–25,2 мг/кг (Ертисский и Жайык-Каспийский бассейны, Алакольские озера, вдхр. Капшагай, Каратомарское), и в 6,7 раза – с низкой степенью (5,25–13,7 мг/кг) загрязнения (Арало-Сырдаринский бассейн, Астанинское и Самаркандское водохранилища).

3. Во всех исследованных водоемах доминантом по содержанию в мышцах рыб является цинк. В несколько меньших концентрациях содержатся медь и свинец.

4. В зависимости от типа питания основным накопителем цинка во всех бассейнах являются бентофаги. Концентрация меди в мышечной ткани рыб от типа питания не зависит. В Алакольских озерах и Каратомарском водохранилище свинец в большей степени накапливается в мышцах бентофагов, в оз. Балхаш – в мышцах хищников.

5. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб исследуемых бассейнов, за исключением оз. Балхаш, соответствует санитарным нормам. Превышение МДУ по свинцу в 1,8–6,8 раза обнаружено у 29 % исследованных особей сазана и судака и у 57 % особей леща оз. Балхаш.

6. Обработка экспериментальных данных методом статистического анализа выявила высокую положительную корреляционную зависимость между накоплением токсикантов в мышцах рыб-бентофагов и загрязнением бентосных организмов ( $R = 0,90$ ) и донного субстрата ( $R = 0,83$ ) в Восточном Балхаше. Выявлена заметная корреляционная связь ( $R = 0,64$ ) между содержанием металлов в организме хищников и в водной среде Западного Балхаша.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / А. Д. Семенов. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 542 с.

2. Алёкин О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алёкин. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
3. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос). Алматы: НПП РХ, 2006. 27 с.
4. Спектрометрическое определение тяжелых металлов в объектах окружающей среды, пищевых продуктах и биологических материалах (Методические указания). Алматы, 1999. 41 с.
5. Макарова Н. В. Статистика в Excel / Н. В. Макарова, В. Я. Трофимец. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
6. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к пищевой продукции». Утверждены приказом и. о. министра здравоохранения Республики Казахстан от 06.08.2010, № 611. URL <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V100006440> Астана.
7. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / под ред. А. Б. Самаковой. Алматы: Каганат, 2003. 584 с.
8. Асылбекова С. Ж. Влияние воздушных выбросов промышленного комплекса «Балхашцветмет» на биоценозы озера Балхаш / С. Ж. Асылбекова, К. Б. Исбеков, Т. Я. Лопарева, А. Н. Анурьева // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство, 2011, no. 1, pp. 7–14.
9. Амиргалиев Н. А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидрохимия, проблемы водной токсикологии / Н. А. Амиргалиев. Алматы: Бастау, 2007. 223 с.
10. Амиргалиев Н. А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер / Н. А. Амиргалиев, С. Р. Тимирханов, Ш. А. Альпеисов. Алматы: Бастау, 2006. 367 с.
11. Лопарева Т. Я. Толерантность бентосных организмов в условиях техногенного загрязнения донных отложений озера Балхаш / Т. Я. Лопарева, О. А. Шарипова, А. С. Мукашева // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». Калининград, 2013. С. 341–344.
12. Кожаметова А. Н. Биоиндикационное исследование аккумуляции нефтепроизводных, тяжелых металлов в организме гидробионтов казахстанской зоны Каспия / А. Н. Кожаметова, А. Б. Бигалиев, А. К. Шаметов // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. С. 58–62.

Статья поступила в редакцию 11.12.2015

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Лопарёва Тамара Яковлевна** – Казахстан, 100300, Балхаш; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Балхашский филиал; канд. геогр. наук; старший научный сотрудник; fishbalchash@mail.ru.

**Шарипова Ольга Александровна** – Казахстан, 100300, Балхаш; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Балхашский филиал; старший научный сотрудник; fishbalchash@mail.ru.

**Петрушенко Лариса Валериевна** – Казахстан, 100300, Балхаш; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Балхашский филиал; старший лаборант; fishbalchash@mail.ru.



*T. Ya. Lopareva, O. A. Sharipova, L. V. Petrushenko*

#### LEVEL OF ACCUMULATION OF TOXICANTS IN FISH MUSCLE TISSUE IN WATER BASINS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Abstract.** The dynamics of toxicological contamination of muscle tissue of fish (predators and benthos feeders) in five water basins of the Republic of Kazakhstan is studied, the spatial and temporal distribution patterns of accumulation of trace elements (copper, zinc, lead, nickel, cadmium) of fish fauna are examined. The maximum accumulation of metals is typical for fishes of the Balkhash lake. Among the water bodies with an average degree of contamination there are the reservoir Kapshagay and Karatomarskoye, the Alakol lake system and the water bodies of the Ertisskiyand Zhaiyk-Caspian basins. The minimum amount of heavy metals is accumulated in fish in the

Aral-Syrdarinsky basin and Samarkand and Astana reservoirs. The dominant in accumulation in the fish muscles in all the basins is zinc. Copper and lead are accumulated in smaller amounts. The priority storage of zinc are benthos feeders. The positive statistically significant relationship between accumulation of toxicants in the fish muscle and their content in the environment. There is a close correlation between the accumulation of metals in muscle tissue of benthos feeders and benthic organisms.

**Key words:** water basins of Kazakhstan, benthos, bioaccumulation, predators, benthos feeders, heavy metals, toxicants, muscle tissue of fish, correlation dependence.

#### REFERENCES

1. Semenov A. D. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi* [Manual on chemical analysis of surface waters]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977. 542 p.
2. Alekin O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Basics of hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970. 444 p.
3. *Metodicheskoe posobie pri gidrobiologicheskikh rybokhoziaistvennykh issledovaniyakh vodoemov Kazakhstana (plankton, zoobentos)* [Methodological manual for hydrobiological fisheries studies of the water bodies of Kazakhstan (plankton, zoobenthos)]. Almaty, NPTs RKh, 2006. 27 p.
4. *Spektrmetricheskoe opredelenie tiazhelykh metallov v ob'ektakh okruzhaiushchei sredy, pishchevykh produktakh i biologicheskikh materialakh (Metodicheskie ukazaniia)* [Spectrometric determination of heavy metals in environmental objects, food products and biological materials (Methodological instructions)]. Almaty, 1999. 41 p.
5. Makarova N. V., Trofimets V. Ia. *Statistika v Excel* [Statistics in Excel]. Moscow, Finansyistatistika Publ., 2002. 368 p.
6. *Sanitarnye pravila «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k pishchevoi produkcii»* [Sanitary rules "Sanitary-epidemiological requirements for food products"]. Uтверждены приказом и. о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 06.08.2010, № 611. Astana. Available at: [http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1000\\_06440\\_Astana](http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1000_06440_Astana).
7. *Problemy gidroekologicheskoi ustoichivosti v basseine ozera Balkhash* [Problem of hydro-ecological stability in the basin of the lake Balkhash]. Pod redaktsiei A. B. Samakovoi. Almaty, Kaganat Publ., 2003. 584 p.
8. Asylbekova S. Zh., Isbekov K. B., Lopareva T. Ia., Anur'eva A. N. Vliianie vozdushnykh vybrosov promyshlennogo kompleksa «Balkhashtsvetmet» nabitsenozyozera Balkhash [Influence of air exhaust of the industrial complex "Balkhashtsvetmet" on biocenosis of the lake Balkhash]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2011, no. 1, pp. 7–14.
9. Amirgaliev N. A. *Aralo-Syrdar'inskiibassein: gidrokhimiia, problem vodnoi toksikologii* [The Aral-Syrdarya basin: hydrochemistry, problems of water toxicology]. Almaty, Bastau Publ., 2007. 223 p.
10. Amirgaliev N. A., Timirkhanov S. R., Al'peisov Sh. A. *Ikhtiofauna i ekologiia Alakol'skoi sistemy ozer* [Ichthyofauna and ecology of the Alakol lake system]. Almaty, Bastau Publ., 2006. 367 p.
11. Lopareva T. Ia., Sharipova O. A., Mukasheva A. S. Tolerantnost' bentosnykh organizmov v usloviakh tekhnogennoho zagriazneniia donnykh otlozhenii ozera Balkhash [Tolerance of benthic organisms in conditions of technogenic pollution of bottom sediments of the lake Balkhash]. *Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Vodnye bioresursy, akvakul'tura i ekologiia vodoemov»*. Kaliningrad, 2013. P. 341–344.
12. Kozhakhmetova A. N., Bigaliev A. B., Shametov A. K. Bioindikatsionnoe issledovanie akkumulatsii nefteproizvodnykh, tiazhelykhmetallov v organizme gidrobiontov kazakhstanskoi zony Kaspiia [Bioindicative study of accumulation of oil products, heavy metals in the organism of hydrobionts of the Kazakhstan zone of the Caspian Sea]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2015, no. 2, pp. 58–62.

The article submitted to the editors 11.12.2015

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Lopareva Tamara Yakovlevna** – Kazakhstan, 100300, Balkhash; Kazakh Research Institute of Fishery, Balkhash branch; Candidate of Geographical Sciences, Senior Scientific Researcher; fishbalchash@mail.ru.

**Sharipova Olga Aleksandrovna** – Kazakhstan, 100300, Balkhash; Kazakh Research Institute of Fishery, Balkhash branch; Senior Scientific Researcher; fishbalchash@mail.ru.

**Petrushenko Larisa Valerievna** – Kazakhstan, 100300, Balkhash; Kazakh Research Institute of Fishery, Balkhash branch; Senior Laboratory Worker; fishbalchash@mail.ru.

