

Содержание металлов в мышечной ткани промысловых видов рыб из Новосибирского водохранилища и реки Оби на приплотинном участке

П. А. ПОПОВ¹, А. М. ВИЗЕР², Н. В. АНДРОСОВА³

¹ *Институт водных и экологических проблем СО РАН
630090, Новосибирск, Морской просп., 2
E-mail: popov@ad-sbras.nsc.ru*

² *ЗапСибНИИ водных биоресурсов и аквакультуры
630104, Новосибирск, ул. Писарева, 1*

³ *Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН
630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3*

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты изучения в 2009 г. содержания и характера накопления ряда металлов, в том числе относимых к группе тяжелых, в мышечной ткани рыб (окунь, судак, лещ, плотва, язь) Новосибирского водохранилища и р. Обь на приплотинном участке ГЭС. Выявленные межвидовые и межпопуляционные (биотопические) различия в концентрации металлов связаны, вероятнее всего, с различным характером питания рыб, что согласуется с данными по характеру накопления металлов в рыбах из других водоемов Сибири и костистых рыб в целом. Уровень содержания металлов в мышечной ткани рыб не превышает принятые в России нормы для свежих рыбопродуктов.

Ключевые слова: рыбы, водохранилище, металлы, ихтиомониторинг металлов.

В связи с возрастающим загрязнением водоемов, в том числе токсичными по отношению к живым организмам химическими элементами и их соединениями, все более востребованной в последние десятилетия становится оценка состояния гидроэкосистем методами биоиндикации, включая ихтиоиндикацию [1–6]. В частности, при оценке загрязнения водоемов металлами в качестве индикаторной используется информация об уровне содержания и характере накопления этих элементов в тканях и органах рыб [3, 6, 7–10].

В работе изложены результаты изучения содержания тяжелых металлов (ТМ) в мышечной ткани (мышцах) промысловых рыб Новосибирского водохранилища и р. Оби на приплотинном участке Новосибирской ГЭС. Исследования осуществлялись в рамках комплексного мониторинга экологического состояния водохранилища, которое по совокупности гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик является мезотрофным водоемом с умеренной степенью загрязнения преимущественно органическими соединениями [11, 12].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Определяли содержание (концентрацию) кадмия (Cd), ртути (Hg), свинца (Pb), кобальта (Co), никеля (Ni), меди (Cu), цинка (Zn), хрома (Cr), марганца (Mn), железа (Fe) в мышцах леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), язя *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758), окуня *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 и судака *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), отловленных ставными сетями во второй половине мая 2009 г. в р. Оби на приплотинном участке Новосибирской ГЭС (выше устья р. Иня) и в нижней зоне (у пос. Береговое) водохранилища (кроме судака). Температура воды на участках установки сетей в приповерхностном слое была 11–13 °С. Выборка каждого вида рыб включала 30 (судак, язь) – 35 (окунь, лещ, плотва) половозрелых (возраст 3–4 года) особей обоего пола в преднерестовом состоянии (4-я стадия зрелости гонад). В марте 2009 г. в водохранилище в районе пос. Завьялово отловлено (зимней удочкой) 30 экз. неполовозрелых особей судака, имевших длину тела (L) в среднем 30,5 см.

Методика отбора проб органов и тканей рыб изложена нами в работах [13, 14]. Химический анализ проб осуществлен в Аналитическом центре Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН методом атомной абсорбции [13, 14]. Концентрация металлов определена в сырой массе проб. Достоверность различий средних арифметических значений оценивалась по *t*-критерию исходя из нормального распределения вариантов вариационных рядов, ошибки репрезентативности 10 % от средней арифметической и уровня вероятности > 0,999 [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

До образования в 1959 г. Новосибирского водохранилища на этом участке Оби, включая придаточные водоемы, обитали сибирская минога *Lethenteron kessleri* (Anikin, 1905) и 22 вида рыб [16]. В настоящее время ихтиофауна водохранилища представлена сибирской миногой и 26 видами рыб, в том числе четырьмя видами-вселенцами – лещом, сазаном *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, вер-

ховкой *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) и судаком [17, 18]. Основу промыслового лова в водохранилище составляют лещ, судак, окунь и плотва, причем на долю леща в последние годы приходится 95–99 % суммарной добычи рыб [18]. Эти же виды рыб преобладают в промысловых и любительских уловах на приплотинном участке ГЭС [19].

Впервые микроэлементный состав органов и тканей рыб из Новосибирского водохранилища изучали А. Н. Петкевич с соавторами в 1962 г. [20]. Содержание 18 элементов (в публикации указано 14: Na, Mg, P, Ca, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Sr, Ba и Pb) в мышцах, жабрах, чешуе и скелете пяти видов (щука *Esox lucius* Linnaeus, 1758, лещ, плотва, язь и окунь) было сравнительно низким и оценивалось с позиций необходимости этих элементов для нормальной жизнедеятельности рыб.

Вторая публикация о содержании металлов в рыбах из водохранилища и р. Оби на приплотинном участке – результат исследований, проведенных П. А. Поповым с соавторами в 1991–1994 гг. [21]. Определяли содержание Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Cd, Hg и Pb в мышцах судака, окуня, леща (не лигулезного) и язя. Ни по одному из указанных элементов превышения принятых в России допустимых остаточных концентраций (ДОК) в свежих рыбопродуктах [22] в среднем не отмечено. Сравнительно низкие концентрации металлов обнаруживались нами в рыбах водохранилища и р. Оби на приплотинном участке и в последующие годы [13, 14]. В период с 2005 по 2008 г. включительно работы в этом направлении в водохранилище и его нижнем бьефе не велись.

Полученные нами в 2009 г. результаты приведены в таблице. Для сравнения в таблицу включены некоторые аналогичные данные прошлых лет. Анализ данных 2009 г. свидетельствует о следующем. У рыб из водохранилища статистически достоверные различия в концентрации металлов имелись: по Cd – между окунем и судаком ($t = 4,0$), по Hg – окунем и плотвой ($t = 3,75$), по Pb – судаком и плотвой ($t = 8,5$), по Co – плотвой и лещем ($t = 5,4$); наибольшая концентрация Fe обнаружена в мышцах окуня и плотвы. У рыб из реки концентрация Pb больше у су-

Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из Новосибирского водохранилища и р. Оби на приплотинном участке в 2009 г.

Вид рыб	Cd	Hg	Pb	Co	Ni	Cu	Zn	Cr	Mn	Fe
	0,2*	0,5	1,0	0,5	0,5	10	40	0,3	10	30
<i>Водохранилище</i>										
Окунь	0,008	0,033	0,09	<0,002	0,09	0,53	6,3	<0,1	0,47	28
Судак	0,003	0,036	0,42	0,002	0,13	0,25	5,9	<0,1	0,17	5,5
Судак**	0,01	0,08	0,24	0,02	0,19	1,1	5,5	0,3	0,6	16
Лещ	0,0006	0,035	0,07	0,004	0,06	0,33	5,6	<0,1	0,43	6,3
Лещ**	0,04	0,09	<0,01	0,04	0,13	2,3	10	<0,1	1,9	27
Плотва	0,0006	0,018	0,08	0,01	0,08	0,48	6,9	<0,1	0,31	17,8
Язь	0,0003	0,014	0,01	<0,002	0,09	0,42	5,1	<0,1	0,16	7,9
<i>Река Обь, приплотинный участок</i>										
Окунь	0,006	0,10	0,09	<0,02	<0,02	2,8	4,1	<0,1	0,16	7,0
Судак	0,005	0,12	0,34	<0,02	<0,02	3,3	5,3	<0,1	0,19	8,1
Судак***	0,003	0,17	0,07	<0,02	<0,02	0,23	4,0	0,2	0,15	12,0
Лещ	0,004	0,11	0,27	<0,02	<0,02	4,6	6,2	<0,1	0,29	10,0
Лещ***	0,005	0,05	0,10	<0,02	<0,02	0,51	3,3	0,2	0,21	4,0
Плотва	0,004	0,11	0,50	<0,02	<0,02	3,9	5,4	<0,1	0,33	7,7
Язь	0,003	0,08	0,12	<0,02	<0,02	6,2	4,5	<0,1	0,23	11,0

Примечание. Концентрация металлов в мкг/г сырой массы проб, * – принятые в настоящее время в России допустимые остаточные концентрации (ДОК) металлов в свежих рыбопродуктах [22]; ** – наши данные 1998 г. [13], *** – наши данные 2004 г. [14].

дака и плотвы по сравнению с окунем ($t = 7,1$ и $8,2$ соответственно).

Существенно выше оказалась в 2009 г. концентрация металлов в рыбах из реки по сравнению с рыбами этого же вида из водохранилища: по Cd – у судака, леща, плотвы и язя, по Hg – у окуня, судака, леща, плотвы и язя, по Pb – у леща, плотвы и язя, по Cu – у окуня, судака, леща, плотвы и язя, по Fe – у судака, леща и язя. У рыб из водохранилища выше, чем у рыб из реки, только концентрация Zn у окуня и плотвы, Mn – у окуня и леща, Fe – у окуня и плотвы. Наконец, обращает на себя внимание факт большей концентрации в пробах судака из водохранилища в 1998 г. по сравнению с пробами 2009 г. Cd, Hg, Cu, Mn и Fe и, напротив, меньшей концентрации Pb. У леща из водохранилища в 1998 г. обнаружено больше, чем в 2009 г., названных металлов, а также Co, Ni и Zn. У судака из реки в 2004 г. было несколько больше, чем в 2009 г., Hg и Fe, но меньше Cd, Pb, Cu и Mn. У леща в 2009 г. оказалось существенно меньше, чем в 2004 г., Hg, Pb, Cu, Zn и Fe.

Во всех пробах концентрация металлов в мышечной ткани рыб из водохранилища и приплотинного участка р. Оби ниже или существенно ниже ДОК. Это, вероятнее всего, связано с невысокими концентрациями металлов в воде и донных отложениях водохранилища и реки на приплотинном участке. Так, по данным работ [23, 24], содержание рассматриваемых в настоящей работе металлов в фильтрованной воде водохранилища в июле 2005 г., а в илистом осадке – в период открытой воды 1998–2001 гг. не превышало предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного и санитарно-бытового назначения. Не отмечены высокие концентрации металлов и в воде р. Оби на участке от плотины ГЭС до устья р. Ини [25]. Также следует отметить, что низкое (в 2–3 раза ниже ДОК) содержание металлов (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, Mn и Fe) обнаруживалось (атомно-абсорбционным методом) И. А. Глазуновой [26] в 2001–2005 гг. в рыбах (лещ, серебряный карась *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), окунь и судак) из р. Оби в районе водозабора г. Барнаула.

ВЫВОДЫ

1. Выявленные в 2009 г. межвидовые и межпопуляционные (биотопические) различия в содержании металлов в мышечной ткани рыб из Новосибирского водохранилища и р. Оби на приплотинном участке связаны, вероятнее всего, с разным характером питания рыб, что согласуется с данными по характеру накопления металлов в рыбах из других водоемов Сибири [8, 9, 27, 28] и костистых рыб в целом [29–31].

2. Концентрация металлов в мышечной ткани рыб водохранилища и р. Оби на приплотинном участке в 2009 г. не превышала ДОК, что следует объяснить сравнительно низким содержанием этих элементов в среде обитания рыб. Более высокое содержание ряда металлов, в том числе Hg, в мышечной ткани рыб из реки по сравнению с рыбами из водохранилища может указывать на более высокое содержание этих элементов в Оби в черте и несколько ниже г. Новосибирска, где проходит часть годового жизненного цикла рыб [32].

ЛИТЕРАТУРА

- Котова Л. И., Рыжков Л. П., Полина А. В. Биологический контроль качества вод. М.: Наука, 1989. 140 с.
- Кашулин Н. А., Лукин А. А., Амундсен П. А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты, 1999. 142 с.
- Моисеенко Т. И. Оценка экологической опасности в условиях загрязнения вод металлами // Водные ресурсы. 1999. Т. 26, № 2. С. 186–197.
- Моисеенко Т. И. Концепция “Здоровья” экосистемы в оценке качества вод и нормирования антропогенных нагрузок // Экология. 2008. № 6. С. 411–419.
- Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология. Теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. 400 с.
- Попов П. А. О некоторых теоретических аспектах ихтиомониторинга // Сиб. экол. журн. 2004. Т. 11, № 4. С. 507–512.
- Никаноров А. М., Жулидов А. В., Покаржевский А. Д. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 312 с.
- Попов П. А. Содержание и накопление тяжелых металлов в рыбах Сибири. Обзор // Сиб. экол. журн. 2001. Т. 8, № 2. С. 237–247.
- Попов П. А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. Новосибирск: НГУ, 2002. 270 с.
- Пастухова М. В., Гребенщикова В. И. Биоиндикация ртутного загрязнения Братского водохранилища // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. биол., экол. 2008. Т. 1, № 2. С. 132–135.
- Васильев О. Ф., Савкин В. М., Двуреченская С. Я., Попов П. А. и др. Экологическое состояние Новосибирского водохранилища // Сиб. экол. журн. 2000. Т. 7, № 2. С. 149–163.
- Двуреченская С. Я., Булычева Т. М., Савкин В. М., Смирнова А. И. Динамика гидролого-гидрохимических характеристик экосистемы Новосибирского водохранилища // Там же. 2001. Т. 8, № 2. С. 231–236.
- Попов П. А., Андросова Н. В., Аношин Г. Н. Накопление и распределение тяжелых и переходных металлов в рыбах Новосибирского водохранилища // Вopr. ихтиологии, 2002. Т. 42, № 2. С. 264–270.
- Попов П. А., Андросова Н. В. Индикация экологического состояния водных объектов Сибири по содержанию тяжелых металлов в рыбах // География и природные ресурсы. 2008. № 3. С. 36–41.
- Васильева Л. А. Биологическая статистика. Новосибирск: Изд-во ИЦиГ СО РАН, 2000. 123 с.
- Попов П. А., Визер А. М., Упадышев Е. Э. Рыбы Новосибирского водохранилища // Сиб. экол. журн. 2000. Т. 7, № 2. С. 177–186.
- Бабуева Р. В. Современное состояние ихтиофауны Новосибирского водохранилища // Проблемы устойчивого развития Обь-Иртышского бассейна. Новосибирск, 2005. С. 126–128.
- Попов П. А. Формирование ихтиоценозов и экология промысловых рыб водохранилищ Сибири. Новосибирск: Акад. изд-во ГЕО, 2010. 215 с.
- Котов В. Д., Визер А. М. Состояние ихтиофауны Новосибирского водохранилища // Водное хоз-во России. 2000. Т. 2, № 5. С. 439–443.
- Петкевич А. Н., Виллер Г. Е., Арнаутов Н. В. Минеральный состав органов и тканей рыб Новосибирского водохранилища // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине Сибири. Красноярск: СО РАН, 1964. С. 160–161.
- Попов П. А., Визер А. М., Упадышев Е. Э. и др. О содержании тяжелых металлов в мышечной ткани промысловых видов рыб Новосибирского водохранилища и реки Обь на приплотинном участке Новосибирской ГЭС // Сиб. экол. журн. 1995. № 6. С. 522–525.
- Санитарные правила и нормы (СанПиН) 2.3.2.560-96. М.: Пищевая пром-сть, 1997. 34 с.
- Цибульчик В. М., Аношин Г. Н., Маткова И. Н., Маликов Ю. И. Тяжелые металлы и ¹³⁷Cs в донных осадках Новосибирского водохранилища // Современные проблемы исследований водохранилищ. Пермь, 2005. С. 109–113.
- Бобров В. А., Леонова Г. А., Маликов Ю. И. Геохимические особенности илистого осадка Новосибирского водохранилища // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, вып. 5. С. 551–563.
- Даниленко А. А. Экологическая обстановка и природоохранная деятельность на территории города // Научно-практическая конф. “Новосибирск на рубеже XXI века: перспективы развития и инвестиционные возможности”. Секция 18 “Среда обитания: экология и мы”. Новосибирск, 1999. С. 8–14.
- Глазунова И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в рыбах верховьев Оби: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул: АлГУ, 2005. 19 с.
- Ветров В. А., Корнакова Э. Ф., Кузнецова А. И., Коробейникова Л. Г. Содержание металлов в ры-

- бах Байкала // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. Т. 12. С. 88–100.
28. Ветров В. А., Кузнецова А. И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 234 с.
29. Кашулин Н. А., Решетников Ю. С. Накопление и распределение никеля, меди и цинка в органах и тканях рыб в субарктических водоемах // Вопр. ихтиологии. 1995. Т. 35, № 5. С. 687–697.
30. Петухов С. А., Морозов Н. П., Добрусин М. С. Распределение микроэлементов группы тяжелых и переходных металлов в органах и тканях рыб // Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. С. 41–47.
31. Морозов Н. П., Петухов С. А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. М., 1986. 160 с.
32. Горцева Д. Б., Еньшина С. А. Рост и развитие молоди весеннерестующих видов рыб в приплотинной зоне Новосибирской ГЭС: мат-лы Междунар. конф. "Современное состояние водных биоресурсов". Новосибирск, 2008. С. 217–218.

Metal Content in the Muscular Tissue of Fish from Novosibirsk Reservoir and River Ob Near the Dam of the Novosibirsk Water-Power Station

P. A. POPOV¹, A. M. VIZER², N. V. ANDROSOVA³

¹ *Institute of Water and Ecological Problems SB RAS
630090, Novosibirsk, Morskoy ave., 2
E-mail: popov@ad-sbras.nsc.ru*

² *West Siberian Research Institute of Water Bioresources and Aquaculture
630104, Novosibirsk, Pisarev str., 1*

³ *Institute of Geology and Mineralogy SB RAS
630090, Novosibirsk, Acad. Koptyug ave., 3*

Analysis of metals, including the group of heavy metals, in the muscular tissue of fish (*Leuciscus idus*, *Rutilus rutilus*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*) from the Novosibirsk reservoir and the Ob river near the dam of the Novosibirsk water-power station during the year 2009 is presented. The revealed interspecies and interpopulation (biotope) distinctions in metal concentrations are most probably connected with the differences in the food of fish. The level of metal concentrations in the muscular tissue of fish does not exceed the standard level accepted in Russia for fresh fish products.

Keywords: fish, reservoir, heavy metals, ichthyomonitoring of metals.