

**СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ПРЭСНОВОДНЫХ РЫБАХ
ВЕРХНЕ-ТУЛОМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

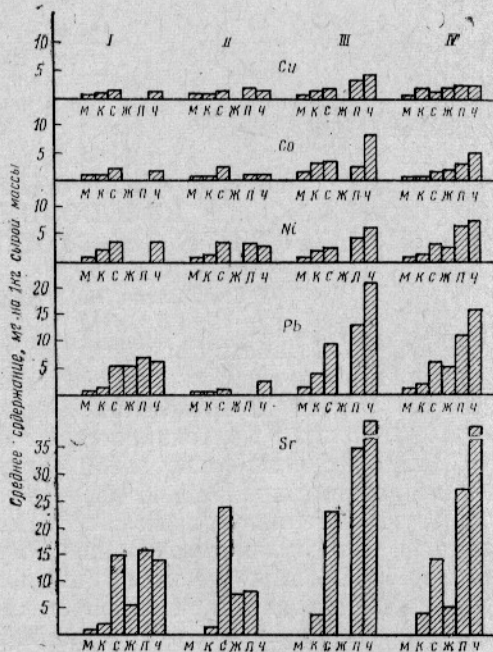
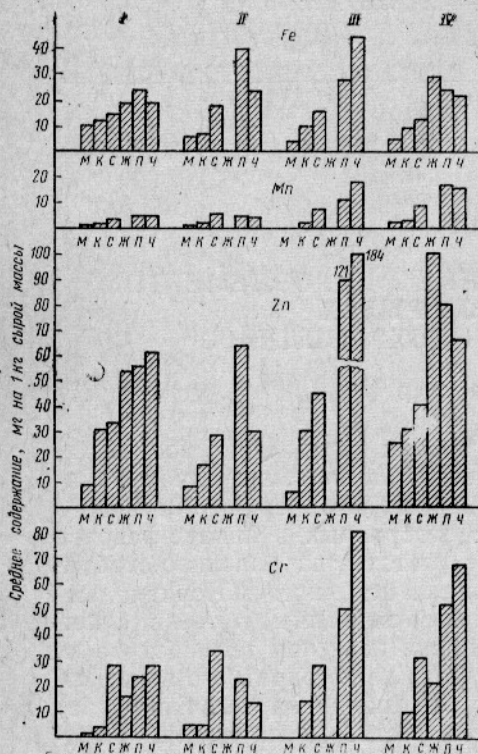
С. А. Патин, Н. П. Морозов, Н. И. Буянов

В данной работе представлены результаты определения восьми химических элементов (тяжелых и переходных металлов) в органах и тканях четырех видов промысловых пресноводных рыб Верхне-Тулومского водохранилища (Кольский полуостров), отобранных в январе-феврале 1972 г. Для оценки воспроизводимости результатов параллельно отобрали и проанализировали по две—три навески исходного материала, которые обрабатывали двумя способами: сухим сжиганием путем высушивания и последующего озоления в муфельной печи при температуре не выше 450° С и мокрым сжиганием посредством многократного воздействия царской водки (при одновременном нагревании на песочной бане) до получения прозрачного раствора. Затем растворы упаривали, фильтровали, разбавляли дистиллированной водой до заданного объема и анализировали на атомно-абсорбционном спектрофотометре японской фирмы «Хитачи» (модель 207), используя воздушно-ацетиленовое пламя. Стандартные растворы определяемых элементов готовили из реактивов особой чистоты (ОСЧ) и деионизированной воды.

Разброс результатов параллельных определений обычно не превышал 5—10% от среднего значения, за исключением отдельных случаев, когда отклонение достигало 20%, что, вероятно, было связано с недостаточной гомогенизацией исходного материала или с колебаниями режима озоления и растворения образцов. Воспроизводимость результатов повторных определений металлов в одном и том же растворе после обработки проб кислотой достаточно высока: среднеквадратичное отклонение составляет не более 2%.

Почти во всех случаях результаты, полученные при сухом сжигании, были выше, чем при мокром в опытах с Fe в среднем 2,3 раза, с Ni — 2,1, Cu — 1,8, Cr — 1,6 и Pb — 1,3 раза. Иначе говоря, при обработке навесок исходного материала кислотой большинство химических элементов переходит в раствор недостаточно полно.

На рис. 1 и 2 показано распределение металлов в структурных органах, мягких и покровных тканях четырех видов рыб. Все металлы локализируются в жабрах, плавниках и чешуе, т. е. в тех структурах, которые контактируют с водой и через которые осуществляется метаболическая связь рыб с водной средой. Естественно, что механизм накопления микроэлементов в отдельных органах и тканях может существенно различаться и включать, например, механический (фильтрационный) захват взвешенных частиц гидроокисей металлов в жаберном аппарате рыб, хемосорбцию ионных форм химических элементов на слизистой поверхности или, наконец, активную физиологическую фиксацию в плав-



Среднее содержание Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb и Sr в органах и тканях щуки I, налима II, сига III, окуня IV:

M — мышцы; K — кожа; C — скелет; Ж — жабры; П — плавники; Ч — чешуя.

никах и прилегающих тканях двигательного аппарата, функционирование которого сопряжено с необходимостью обеспечения тех или иных ферментных систем соответствующими микроэлементами.

Задача данной работы — обратить внимание на значительное концентрирование исследованных металлов в поверхностных органах и тканях рыб и определить возможность трактовки этого факта как с физико-химических, так и с эколого-физиологических позиций.

Надо полагать, что накопление микроэлементов начинается с первичного (адсорбционного) концентрирования металлов (особенно их гидролизных форм) на поверхности раздела «гидробионт — среда» с последующим образованием органокомплексов в субстрате пограничных органов и тканей и включением их в физиолого-биохимические циклы. Возможно, адсорбированные и локализованные таким образом металлы используются в качестве фонда биологически активных элементов, физиологическая потребность в которых может возрасти, например в случае увеличения энергетических затрат организма рыб. На наш взгляд, такое допущение вполне согласуется с известным представлением о барьерной (защитной) функции поверхностных органов и тканей (Строганов, 1962) и не противоречит выводам других авторов о сезонной и возрастной динамике изменения содержания микроэлементов во внутренних органах и тканях рыб (Берман, Илзине, 1969; Петкевич, 1967).

Обращает на себя внимание (см. рис. 1 и 2) повышенное содержа-

ние всех исследованных металлов, особенно Zn и Pb в плавниках и чешуе сига, причем во всех случаях чешуя имела максимальные концентрации. Характерно также, что кожа всех рыб беднее металлами, чем чешуя. По-видимому, защитная и депонирующая роль чешуи в данном случае усилена аккумулялирующим свойством слизи, которую анализировали вместе с чешуйчатым покровом. Кроме того, возможно некоторое увеличение содержания Zn и Cu в чешуе рыб зимой в результате перераспределения микроэлементов между отдельными органами (Берман, Витинь, 1968). Значительная концентрация Zn обнаружена в чешуе и плавниках рыб некоторых водоемов Латвийской ССР (Берман, Илзинь, 1969).

Для микроэлементного состава органов и тканей рыб характерно увеличение концентрации всех металлов в ряду мышцы < кожа < кости < чешуя (см. рис. 1, 2). Подобная тенденция отмечалась раньше для отдельных металлов, мы констатируем ее для восьми элементов и четырех видов рыб (речь идет не об общем содержании, а о концентрации).

По рис. 1 и 2 можно составить следующие характерные ряды концентраций металлов:

для мышц	$Fe \geq Zn > Cr > Ni, Co, Pb, Cu, Mn;$
для кожи	$Zn > Fe \geq Cr > Ni, Co, Pb, Cu, Mn;$
для скелета	$Zn > Cr > Fe > Mn \geq Pb, Co, Ni, Cu;$
для плавников	$Zn \geq Fe \geq Cr > Pb \geq Mn > Ni, Cu, Co;$
для чешуи	$Zn > Cr \geq Fe > Pb > Mn > Ni, Cu, Co.$

Таким образом, во всех органах и тканях явно преобладают Zn, Fe и Cr. Относительно высока также концентрация Pb и Mn, особенно в твердых структурах — скелете, плавниках и чешуе.

Наши результаты достаточно хорошо согласуются с данными других авторов (Берман, 1967; Бернштейн, 1966; Lawrence, 1968). В то же время мы не обнаружили таких высоких концентраций Mn в костях (44—67 мг на 1 кг сырой массы), а также Zn в костях (394—448) и чешуе (421—442 мг на 1 кг сырой массы), какие были найдены другими авторами для пресноводных рыб из двух озер Латвийской ССР (Берман, Илзинь, 1968). Данные рис. 1 и 2 отличаются от известных результатов изучения элементного состава морских рыб (Головкин, Крайнова, 1969; Рожанская, 1967). Подобные различия связаны как с различными условиями геохимической среды обитания рыб и соответствующими изменениями в минеральном обмене у гидробионтов, так и с видовой (сезонной, индивидуальной и др.) спецификой накопления металлов в органах и тканях рыб для конкретных условий данного биотипа.

Выводы

1. Большинство исследованных металлов распределено по органам и тканям четырех видов пресноводных рыб неодинаково. Они локализируются в структурах, непосредственно контактирующих с водной средой (жабрах, плавниках, чешуе), что может быть связано не только с их защитной (барьерной) функцией, но и с формированием дополнительного резервного фонда микроэлементов и перераспределением последних между органами.

2. Минимальные концентрации восьми исследованных металлов (0,3—10 мг на 1 кг сырой массы) отмечены в мышцах рыб. В ряду «мышцы — кожа — скелет» концентрации металлов возрастают.

3. В обследованных органах и тканях рыб преобладают Zn, Fe и Cr.

Свинец и марганец концентрируются главным образом в твердых структурах, Cu, Co, Ni распределены сравнительно одинаково во всех органах, их содержание варьирует в пределах 0,5—5 мг на 1 кг сырой массы.

4. Из четырех видов рыб наиболее высокими концентрациями большинства металлов (особенно в плавниках и чешуе) характеризуется сиг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Берман Ш. А. Физиологическая роль микроэлементов в организме пресноводных рыб.— В кн.: Обмен веществ и биохимия рыб, М., 1967, с. 132.

Берман Ш. А., Витинь И. В. Количественная характеристика и физиологическое действие некоторых микроэлементов в организме радужной форели в период раннего онтогенеза.— В кн.: Микроэлементы в организме рыб и птиц. Рига, 1968, с. 19.

Берман Ш. А., Илзинь А. Э. К вопросу о содержании марганца, кремния, железа, меди, цинка, бария и стронция в теле пресноводных рыб из разных водоемов Латвийской ССР.— В кн.: Вопросы физиологии и зоологии. Ученые записки Латвийского университета, 1969, т. 100, с. 47.

Беренштейн Ф. Я. Микроэлементы в физиологии и патологии животных. Минск, «Урожай», 1966, с. 76.

Головкин Н. А., Крайнова Л. С. Макро- и микроэлементный состав некоторых видов рыб Мирового океана.— «Рыбное хозяйство», 1969, № 4, с. 13.

Петкевич Т. А. Микроэлементы в органах и тканях некоторых планктоноядных и бентосоядных рыб северо-западной части Черного моря.— В кн.: Обмен веществ и биохимия рыб. М., 1967, с. 83.

Рожанская Л. Н. Марганец, медь и цинк в планктоне, бентосе и рыбах Азовского моря.— «Океанология», 1967, т. 7, вып. 6, с. 112.

Строганов Н. С. Экологическая физиология рыб. Изд-во МГУ, 1962, с. 273.

SUMMARY

The results of the atomic-absorption determination of eight metals (iron, manganese, zinc, copper, cobalt, nickel, chromium and lead) in the organs and tissues of four commercial species of fish (whitefish, bass, catfish and pike) sampled in the Verkhne-Tulomsk reservoir on the Kola Peninsula in January—February 1972, are presented. Most metals are unevenly distributed in the body of fish. They are concentrated in structures which contact water (gill, fins, scale). This is associated not only with the buffer function of the structures, but also with formation of some additional reserve fund of elements in them. The minimum concentrations of the metals investigated (0.3—10.0 mg/kg raw weight) are found in muscles, zinc, iron and chromium being predominant. Lead and manganese are mainly concentrated in fins, gill and scale, whereas copper, cobalt and nickel are relatively evenly distributed over the body of fish.