

УДК 597-105

**МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ИХТИОФАУНЫ КАСПИЙСКОГО
БАССЕЙНА****С. А. Патин, Н. П. Морозов, Е. М. Никоненко, Н. А. Бакунов
Л. В. Федотова**

В последние десятилетия интерес к микроэлементам в биологических системах и живых организмах резко возрос в связи с большой ролью их как биокатализаторов в процессах жизнедеятельности. Известны многочисленные примеры успешного практического использования главным образом в сельском хозяйстве современных знаний о поведении и свойствах микроэлементов, их распространенности в природе и содержании в различных организмах. Однако сведений о поведении, содержании и функциях микроэлементов группы металлов в водных организмах и экосистемах мало. Нам неизвестен, например, микроэлементный состав рыб Каспийского бассейна, который может представлять не только эколого-физиологический, но и биогеохимический интерес.

Образцы промысловых рыб были отобраны сотрудниками Дагестанского отделения КаспНИРХ в 1969—1972 гг. (апрель — октябрь) в районах Северного и Западного Каспия, а также в нижнем течении Урала и Волги. Взрослые (обычно половозрелые) особи каждого вида по одному или несколько экземпляров (в зависимости от массы) высушивали, а затем озоляли в муфельной печи при температуре не выше 450°С. Навеску растертой золы 0,5—1 г переносили в тефлоновый стакан, заливали 5—10 мл концентрированной азотной кислоты особой чистоты, герметично закрывали тефлоновой крышкой и нагревали в сушильном шкафу при температуре 100°С в течение 2 ч. В случае неполного растворения остаток отфильтровывали, помещали в кварцевый тигель, увлажняли несколькими каплями концентрированной азотной кислоты, нагревали до обугливания на электроплитке, после чего тигель ставили на 30—40 мин в муфель, нагретый до 200—300°С. Полученные таким образом растворы анализировали по методу (Львов, 1966) атомно-абсорбционной спектрофотометрии, вводя их в воздушно-ацетиленовое пламя спектрофотометра японской фирмы «Хитачи» (модель 207). Стандартные растворы исследуемых металлов готовили на деионизированной воде с использованием реактивов особой чистоты. Суммарная ошибка анализа не превышала в большинстве случаев $\pm 10\%$ от среднего значения. Результаты определений подтверждали статистической обработке (Доерфель, 1969) для выявления достоверных различий в содержании отдельных металлов и оценки коэффициентов корреляции.

Как видно из табл. 1, 23 вида исследованных рыб представляют основные группы ихтиофауны Каспийского бассейна: пресноводные (окунь, щука, сом, сазан и др.), морские (килька, сельдь, бычок) и проходные (осетр, чехонь, севрюга и др.). Условия обитания, физиология, а также тип и характер питания этих рыб разнообразны, что позволяет

Таблица 1

Характеристика рыб Каспийского бассейна, исследованных на содержание металлов

Рыбы	Время отбора	Тип питания	Зольность, г на 1 кг сырой массы
Урал			
Пресноводные			
Судак	X/71	Хищник	56
Щука	VII/69	"	42
Жерех	X/71	"	34
Сом	IV/71	"	25
Окунь	VIII/69	"	63
Сазан	VIII/69	Бентофаг	47
Линь	VIII/69	"	36
Язь	VIII/69	"	47
Карась	VIII/69	"	52
Лещ	VIII/69	"	41
Красноперка	VIII/69	Фитофаг	48
Каспий *			
Морские и проходные			
Чехонь	IX/71	Смешанное питание	41
Вобла	IX/71	Бентофаг	45
Осетр	X/70	Бентофаг	31
		Хищник	
Севрюга	VII/70	Смешанное питание	16
Сельдь-черноспинка	V/71	Хищник	28
Кутум	V/72	Бентофаг	37
Бычок	VII/70	"	36
Килька анчоусовидная	IV/72	Планктофаг	27
Килька-большеглазка	IV/71	"	35
Пузанок каспийский	V/70	"	27
Атерина	VI/70	Бентофаг	47
Кефаль	V/71	Детритофаг	50

* Чехонь и вобла — в Северном Каспии, остальные рыбы в Западном.

Таблица 2

Средние концентрации¹ металлов (мг на 1 кг сырой массы) в промысловых рыбах Каспийского бассейна

Металл	Пресноводные ²	Морские и проходные ³	Наличие значимых различий
Цинк	20,6±6,8	16,2±5,8	Нет
Железо	5,6±2,0	10,0±4,7	Есть
Стронций	6,2±2,0	5,7±2,5	Нет
Марганец	2,2±0,8	1,2±0,4	Есть
Никель	1,9±0,4	1,6±0,4	Нет
Свинец	1,7±0,5	1,1±0,3	"
Хром	1,3±0,3	1,2±0,4	"
Медь	0,6±0,2	1,6±0,9	Есть
Кобальт	1,0±0,2	1,4±1,0	Нет
Кадмий	0,4±0,1	0,3±0,1	"

¹ Указаны доверительные интервалы при значимости, равной 0,05.

² Средние по 11 видам.

³ Средние по 12 видам.

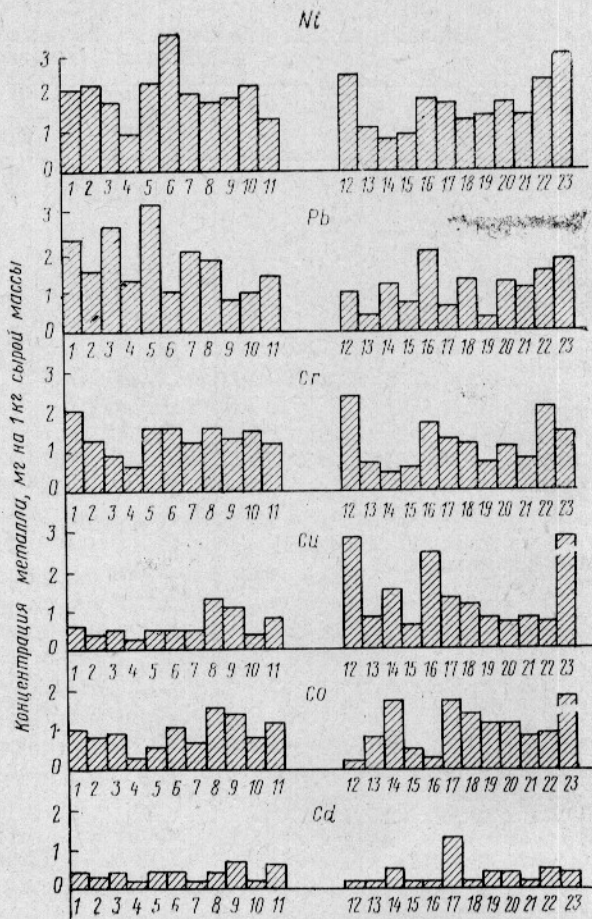


Рис. 1. Среднее содержание N, Ni, Pb, Hg, Cu, Co и Cd в промысловых рыбах Каспийского бассейна:

- 1 — судак; 2 — щука; 3 — жерех;
 4 — сом; 5 — окунь; 6 — сазан; 7 —
 линь; 8 — язь; 9 — карась; 10 —
 лещ; 11 — красноперка; 12 — чехонь;
 13 — вобла; 14 — осетр; 15 — севрю-
 га; 16 — сельдь-черноспинка; 17 —
 кутум; 18 — бычок; 19 — килька ан-
 чоусовидная; 20 — килька больше-
 глаза; 21 — пузанок каспийский;
 22 — атерина; 23 — кефаль.

предполагать соответствующую вариабельность микроэлементного состава рыб, отражающую химический состав водной среды, потребность рыб в тех или иных микроэлементах и степень аккумуляции этих элементов рыбами из воды и с пищей. Учитывая одновременность отбора и отсутствие строгой эколого-физиологической характеристики образцов рыб, следует рассматривать полученный материал в плане выявления наиболее общих черт формирования микроэлементного состава ихтиофауны Каспийского бассейна без учета сезонных, возрастных и других особенностей динамики содержания микроэлементов в гидробионтах.

Из рис. 1 и 2 и из данных табл. 2 видно, что во всех исследованных рыбах преобладает Zn, затем в порядке убывания следуют Fe и Sr. Все остальные элементы, за исключением кадмия, присутствуют в концентрации в среднем 0,5—2,5 мг на 1 кг сырой массы. Следует отметить значительную концентрацию цинка в уральском сазане (55 мг на 1 кг сырой массы) и атерине (35 мг на 1 кг сырой массы), а также повышенное содержание большинства металлов, особенно меди и кобальта в кефали. Эти факты могут отражать как физиологические особенности избирательного накопления организмом рыб ряда микроэлементов, так и

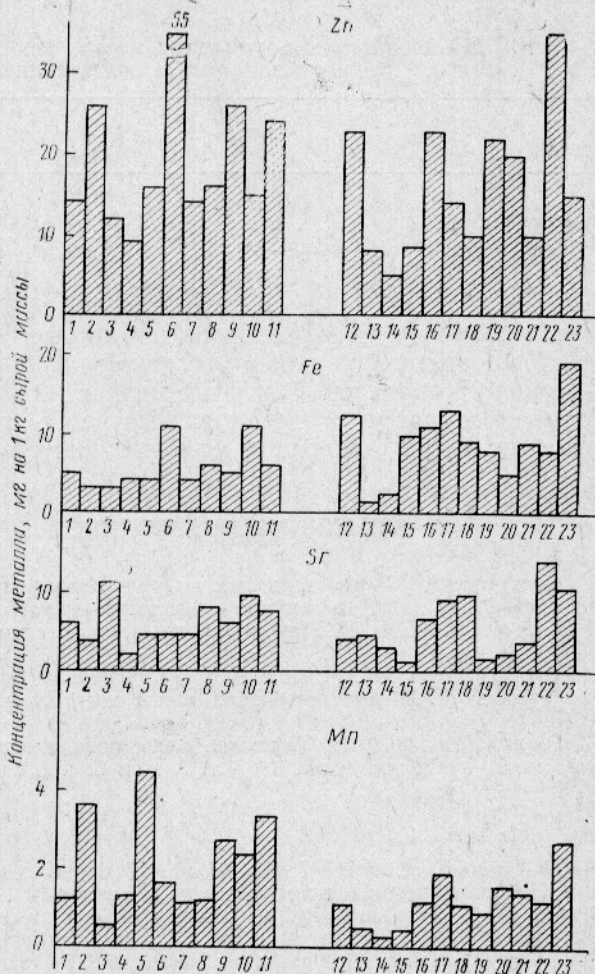


Рис. 2. Среднее содержание Zn, Fe, Sr и Mn в промысловых рыбах Каспийского бассейна:

- 1 — судак; 2 — щука; 3 — жерех; 4 — сом; 5 — окунь; 6 — сазан; 7 — лещ; 8 — язь; 9 — карась; 10 — красноперка; 11 — чехонь; 12 — вобля; 13 — осетр; 14 — сельдь-черноспинка; 15 — севрюга; 16 — килька анчоусовидная; 17 — килька большая; 18 — пузанок каспийский; 19 — атерина; 20 — кефаль; 21 — кефаль; 22 — кефаль; 23 — кефаль.

специфические условия содержания тех или иных металлов в водной среде.

Статистический анализ микроэлементного состава всех исследованных рыб показывает, что в большинстве случаев значимых различий в содержании металлов при сравнении морских и проходных рыб с пресноводными нет (см. табл. 2). По-видимому, накопление микроэлементов в рыбах обусловлено физиологическими факторами, преобладающими над химическими и связанными с особенностями микроэлементного состава водной среды различных водоемов и водотоков. Но этот вывод из-за отсутствия сведений о содержании металлов в среде обитания рыб носит предварительный характер.

При сопоставлении концентраций ряда элементов с соленостью рыб Каспийского бассейна была обнаружена очевидная корреляция этих величин (табл. 3), что вероятно, свидетельствует о концентрировании микроэлементов в опорных структурах и тканях с высоким содержанием минеральных солей.

Наши результаты достаточно хорошо согласуются с данными других авторов (Берман, 1967; Бернштейн, 1966; Рожанская, 1967). Имею-

**Коэффициенты корреляции между минеральным остатком
(зольностью) рыб и содержанием металлов**

Рыбы	Hr	Ni	Pb	Sr	Zn
Пресноводные	+0,80	+0,56	+0,30	+0,12	+0,26
Морские и проходные	+0,79	+0,87	+0,58	+0,70	+0,64

щиеся различия, представляющиеся вполне объективными, связаны как с видовой, индивидуальной и сезонной спецификой накопления металлов в органах и тканях рыб, так и с конкретными биогеохимическими условиями того или иного биотопа. Изучение этих особенностей — одна из основных задач дальнейших исследований в данной области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Берман Ш. А. Физиологическая роль микроэлементов в организме пресноводных рыб.— В кн.: «Обмен веществ и биохимия рыб», М., 1967, с. 132.
- Бернштейн Ф. Я. Микроэлементы в физиологии и патологии животных. Минск, 1966, с. 76.
- Доерфель К. Статистика в аналитической химии. М., «Мир», 1969, с. 11.
- Львов Б. В. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. М., «Наука», 1966, с. 173.
- Рожанская Л. Н. Марганец, медь, цинк в планктоне, бентосе и рыбах Азовского моря.— «Океанология», 1967, т. 7, вып. 6, с. 112.

SUMMARY

The content of nickel, lead, chromium, copper, cobalt, cadmium, zinc, iron, strontium and manganese is investigated in 23 species of commercial hydrobionts from the Caspian basin. Zinc, iron and strontium are predominant in all species of fish. All the rest elements but cadmium are present in concentrations varying from 0.5 to 2.5 mg/kg raw weight. A fairly high concentration of zinc is found in carp from the Ural River (55 mg/kg raw weight) and atherinid (35 mg/kg raw weight). An increased content of copper and cobalt is ascertained in mullet. In most cases there are no comparable differences in the metal content in marine, anadromous and fresh-water species of fish. The comparison of the content of certain elements with the ash content in fish from the Caspian basin indicates a correlation of these values.