

УДК 597-105

## ПЕРЕХОДНЫЕ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ ЮЖНОЙ АТЛАНТИКИ

Н. П. Морозов, А. А. Тихомирова, В. Н. Ткаченко

Исследовано содержание и распределение десяти металлов (Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Sr, Pb и Cd) в 12 видах рыб Южной Атлантики. Образцы были отобраны в первом рейсе научно-поискового судна «Академик Книпович» в феврале—июне 1965 г. в Антарктическом секторе Атлантики.

Рыб разделявали, высушивали и озоляли их ткани. Некоторые образцы высушивали и озоляли целиком. Навески зола (0,5 г) растворяли в концентрированной  $\text{HNO}_3$  при нагревании до  $100^\circ\text{C}$  в течение 2 ч в герметизированных тефлоновых стаканах. Полученные растворы вводили в воздушно-ацетиленовое пламя атомно-абсорбционного спектрофотометра. Для большинства проб получены средние из трех-пяти параллельных анализов. Относительная ошибка воспроизводимости параллельных определений не превышала 10%.

Полученные данные позволяют рассмотреть видовые и возрастные особенности содержания переходных и тяжелых металлов в промысловых рыбах, а также распределение этих металлов по органам и тканям.

У рыб исследованных видов типы питания различны (табл. 1). Однако представленные на рис. 1 результаты определений концентрации металлов в этих рыбах свидетельствуют скорее о видовых различиях.

Прежде всего привлекают внимание относительно высокие концентрации большинства металлов в мраморной нототении. Zn, Pb и особенно Cd в этой рыбе содержится меньше, чем в других рыбах. Значит, для нототении характерно накопление металлов группы железа (Fe 351,7 мг на 1 кг сырой массы, Ni 116,8, Cr 69,9, Co 10,9; Mn 4,3 мг на 1 кг сырой массы).

Таблица 1

Зольность промысловых рыб Южной Атлантики

Рыба	Месяц отбора (1965 г.)	Место отбора	Тип питания	Зольность, г на 1 кг сырой массы
Анчоус	Март	Патагонский шельф	Планктофаг	35,3
Сельдь	Июнь	Мыс Игольный	"	44,1
Ставрида	Апрель	Рио-де-ла-Плата	Смешанный	27,6
Нототения мраморная	Февраль	Восточная часть о-ва Южная Геоργия	Хищник	62,4
Акула	Июнь	Агульяс, Южная Африка	"	96,0

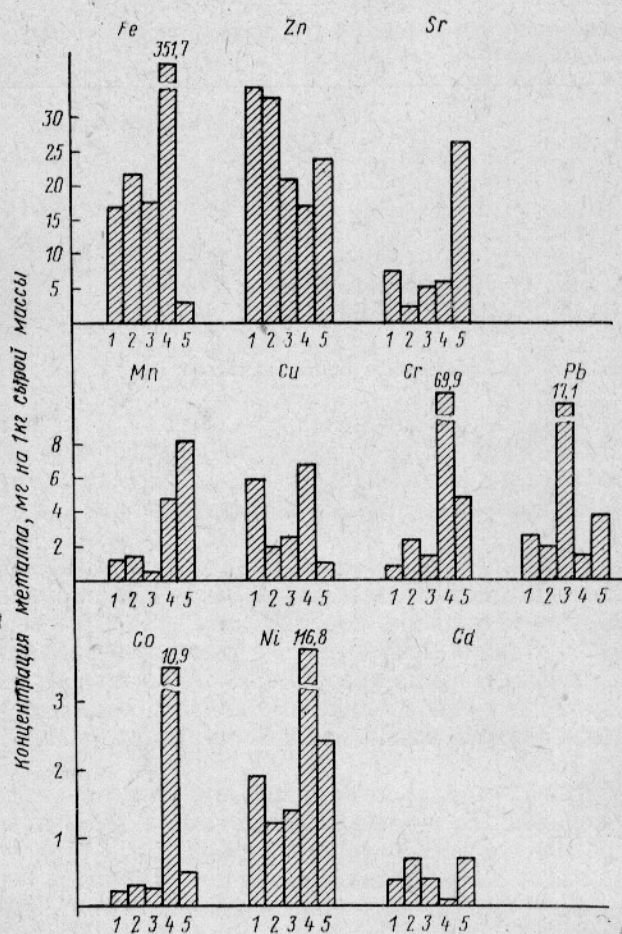


Рис. 1. Средние концентрации металлов в промысловых рыбах Южной Атлантики:

1 — анчоус; 2 — сельдь; 3 — ставрида; 4 — нототения мраморная; 5 — акула.

Второй хищник среди исследованных рыб — акула — выделяется накоплением Sr (25 мг на 1 кг сырой массы) и Mn (8 мг на 1 кг сырой массы). Ставрида, характеризующаяся смешанным типом питания, содержит наибольшее по сравнению с другими видами рыб количество Pb (17,1 мг на 1 кг сырой массы). Анчоус и сельдь (планктофаги) в общем близки между собой по содержанию металлов и характеризуются повышенным содержанием Zn (около 35 мг на 1 кг сырой массы).

При сравнении средних концентраций отдельных металлов без учета отмеченных случаев избирательного накопления их отдельными видами, можно сказать, что в исследованных видах рыб преобладали Zn, Fe и Sr. Общую тенденцию уменьшения концентрации металлов в исследованных рыбах выражает следующий ряд:

$$Zn > Fe > Sr > Cu > Pb > Cr > Mn > Ni > Co > Cd.$$

Следует помнить, что выявлены наиболее общие черты микроэлементного состава промысловой ихтиофауны Южной Атлантики. Не учтены сезонные, географические, возрастные и другие различия, которые, вероятно, должны отражаться на микроэлементном составе как отдельных органов, так и всего организма, что подтверждается возрастной динамикой микроэлементного состава тканей путассу. Анализ мышц и скелета двух особей этого вида в возрасте четырех и восьми лет, выловленных в одном районе (табл. 2), свидетельствует о значительных изменениях содержания металлов в тканях этой рыбы. Например, в мышцах восьмилетней путассу было обнаружено в 3 раза больше Co и Ni, в 2 раза больше Fe, Mn и Cr, чем в мышцах четырехлетней рыбы. Напротив, содержание Cu и Cd за этот период уменьшилось соответственно в 10

и 2 раза. Подобные изменения наблюдаются и в костных тканях. За четыре года концентрация Ni в скелете увеличилась в 13,5 раз; Fe, Mn, Pb и Sr примерно в 5 раз; Zn, Co, Cd и Cu в 3—4 раза, тогда как содержание Cr стало примерно в 2 раза меньше.

Конечно, это единичное сравнение не может характеризовать данное явление с достаточной достоверностью, тем не менее оно подтверждает возрастные изменения микроэлементного состава организма и отдельных его частей.

Таблица 2

**Возрастная динамика содержания металлов в мышечной и костной тканях путассу, мг на 1 кг сырой массы**

Возраст, годы	Зольность, г на 1 кг сырой массы	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Ni	Cd	Cr	Pb	Sr
<b>Мышцы</b>											
4	64,5	79,2	1,8	108,0	9,8	0,1	14,0	0,04	26,5	0,5	0,7
8	48,7	130,7	3,2	10,9	12,4	0,3	41,4	0,02	50,0	0,6	0,9
<b>Скелет</b>											
4	109,4	9,2	1,1	20,7	12,4	0,4	0,2	0,3	3,0	2,9	16,0
8	249,1	43,7	5,4	6,4	45,6	1,3	2,7	1,0	1,3	14,2	79,4

Сделана попытка выяснить распределение указанных металлов по органам и тканям отдельных видов рыб (табл. 3). Анализируя полученные результаты (рис. 2), можно отметить, что металлы в различных по функциям и морфологическому строению тканях распределены неравномерно. Прежде всего высоким содержанием всех исследуемых металлов отличаются такие периферические органы и ткани, как плавники и чешуя. Даже Sr, как известно накапливающийся в костях, в плавниках и чешуе всех исследованных рыб присутствует в концентрациях, в несколько раз превышающих его содержание в скелете. Этот факт подчеркивает большое значение периферических тканей в физиологическом обмене рыб со средой. Было бы интересно получить данные о концентрации металлов в слизи, покрывающей поверхность рыб. Видимо, там концентрация металлов должна быть еще выше.

У путассу, ставриды, акулы наибольшее содержание металлов обнаруживается в плавниках и чешуе, затем следует кожа, у морского караса, магеллани, мерлузы — в коже, затем идут жабры. Наименьшие концентрации металлов наблюдаются в мышцах рыб. Мышцы тунца отличаются от мышц других рыб относительно большим содержанием Fe вероятно потому, что у этих рыб мощная сосудистая система (Никольский, 1954) и повышенное количество гемоглобина, в состав которого входит Fe. Этим же обстоятельством, видимо, объясняется концентрирование Fe в жабрах (Строганов, 1962).

Сравнение средних концентраций металлов в тканях рыб отдельных видов еще раз свидетельствует о том, что Zn, Fe и Sr преобладают над другими металлами во всех исследованных тканях, а Co и Cd всегда содержатся в относительно малых количествах.

Видовыми особенностями можно объяснить и необычно высокие концентрации отдельных элементов в тканях рыб (в мг на 1 кг сырой массы): Fe в скелете ставриды 130,5; Zn в коже тунца 161,1 в чешуе

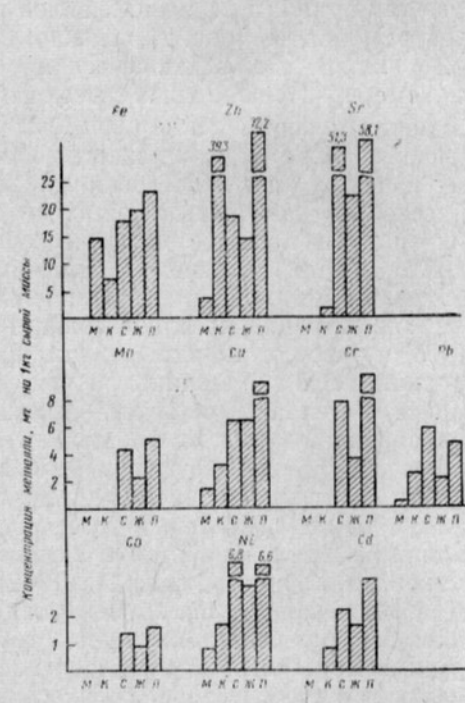
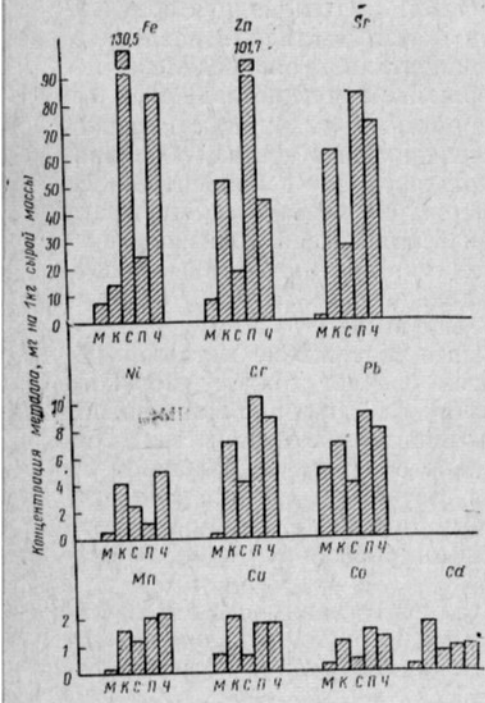
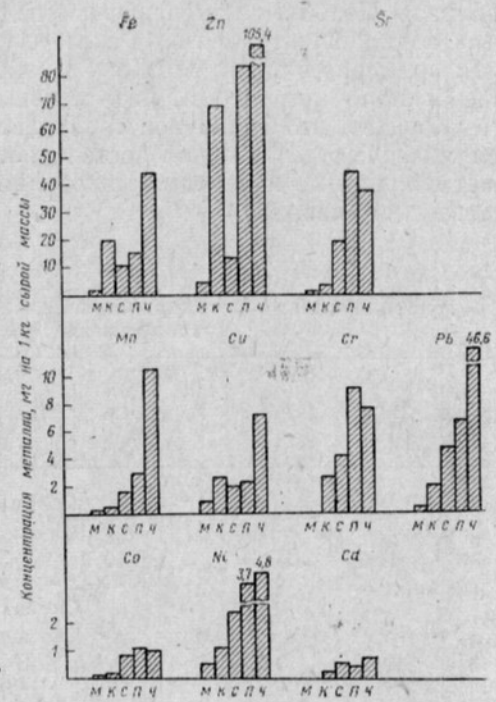
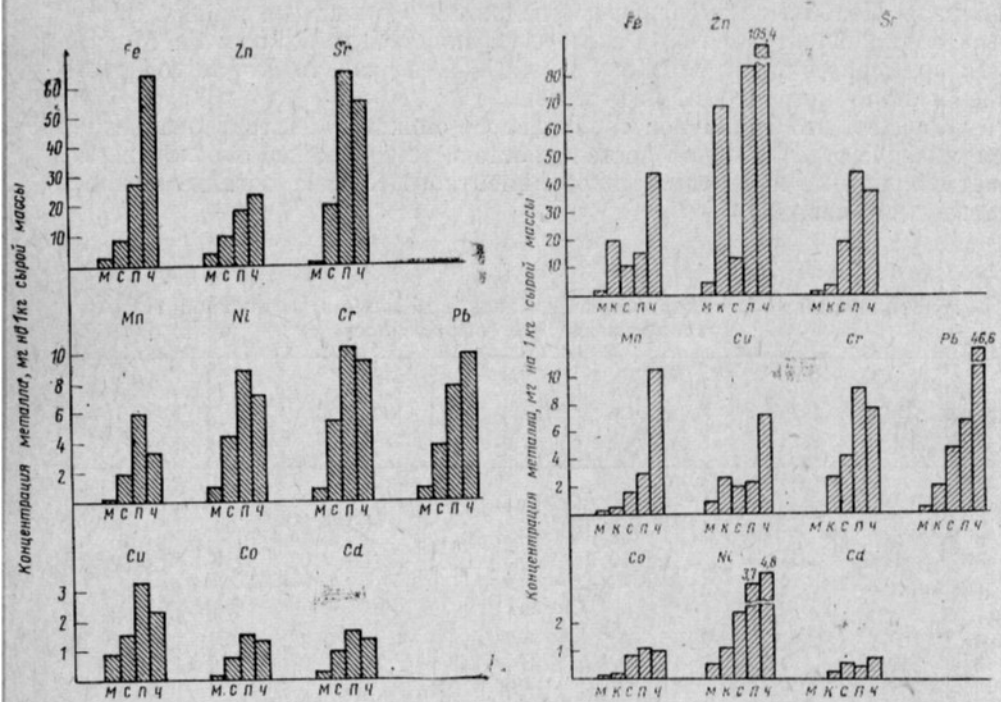
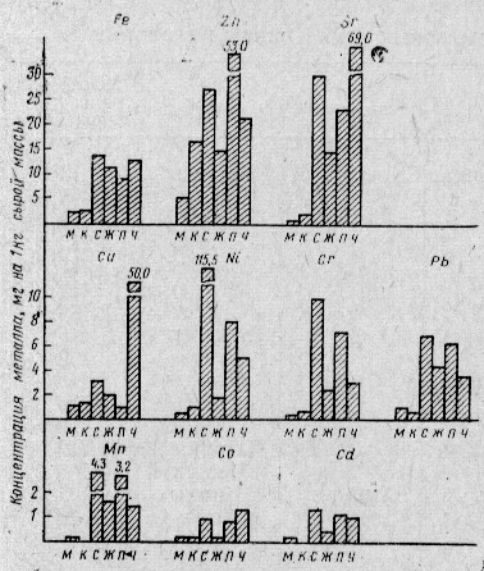
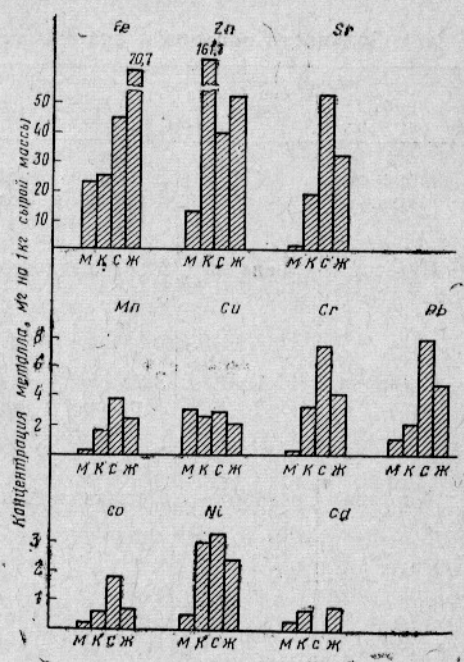


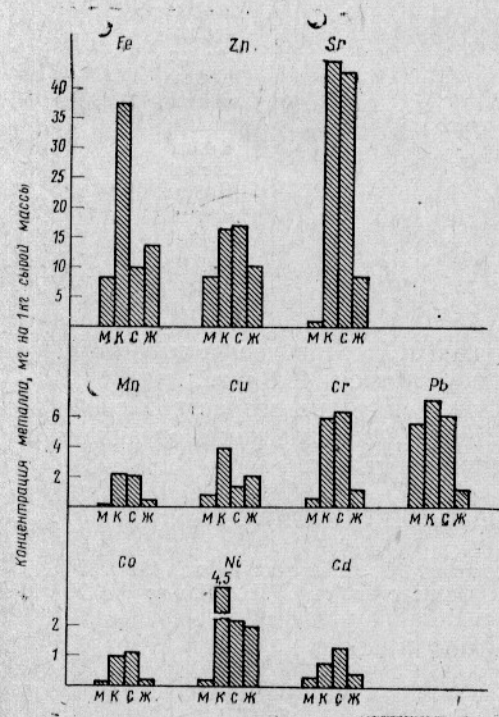
Рис. 2. Средние концентрации металлов в органах и тканях морского караса а, путас М — мышцы; К — кожа; С — скелет;



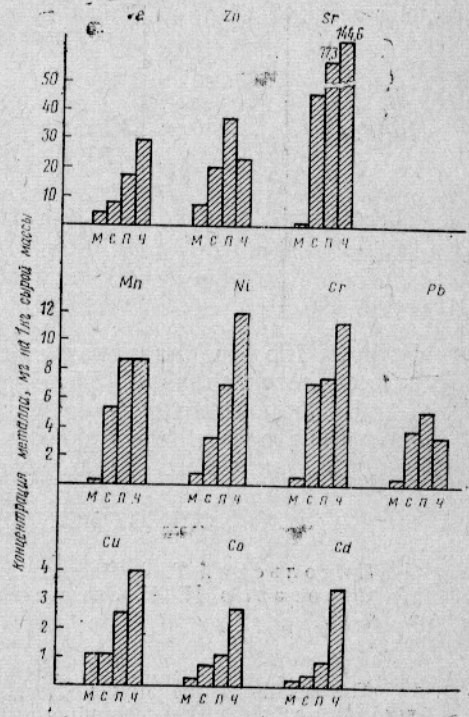
д



е



ж



з

су б, ставриды в, магеллани г, мерлузы д, тунца е, акулы ж и горбыля з:  
Ж — жабы; П — плавники; Ч — чешуя

## Зольность органов и тканей промысловых рыб Южной Атлантики

Рыба	Месяц отбора (1965 г.)	Место отбора	Тип питания	Орган	Зольность, г на 1 кг сырой массы
Морской карась	Май	Западная Африка, район к югу от мыса Фрио	Смешанный	Мышцы	13,8
				Скелет	95,5
Путассу	Февраль	Море Уэдделла	"	Плавники	219,2
				Чешуя	213,9
				Мышцы	11,3
				Кожа	19,1
Ставрида	Май	Западная Африка, район к югу от мыса Фрио	"	Скелет	88,9
				Плавники	148,2
				Чешуя	192,3
				Мышцы	15,4
				Кожа	136,8
Мерлуза	Март	Патагонский шельф	Хищник	Скелет	90,6
				Плавники	222,8
				Чешуя	195,9
				Мышцы	17,2
				Кожа	16,0
				Скелет	165,0
Тунец	Июль	Юго-Западная Африка	"	Жабры	47,8
				Плавники	129,3
				Чешуя	100,0
				Мышцы	21,2
Магеллани	Март	Район Фолклендских островов	"	Кожа	67,2
				Скелет	200,9
				Жабры	93,7
				Мышцы	10,3
				Кожа	18,5
Акула	Май	Западная Африка, район Кунене	"	Скелет	157,6
				Жабры	77,6
				Плавники	187,5
				Мышцы	17,8
Горбыль	Апрель	Рио-де-ла-Плата	"	Кожа	115,4
				Скелет	130,6
				Жабры	30,7
				Мышцы	16,4
				Скелет	130,7
				Плавники	161,2
				Чешуя	267,8

путассу 105,4 и плавниках ставриды 101,7; Sr в чешуе горбыля 144,6; Ni в скелете мерлузы 115,5; Pb в чешуе путассу 46,6 и т. д.

В заключение следует подчеркнуть влияние возрастной специфики на концентрации переходных и тяжелых металлов как в организме рыб в целом, так и в его отдельных органах и тканях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Никольский Г. В. Частная ихтиология. М., Советская наука, 1971, 354 с.  
 Строганов Н. С. Экологическая физиология рыб. М., Изд-во МГУ, 1962, с. 13, 19.

## SUMMARY

The results of the atomic-absorption analysis of 10 metals (iron, manganese, copper, zinc, cobalt, nickel, chromium, strontium, lead and cadmium) in 12 species of fish from the South Atlantic are presented. Changes in the content of transient and heavy metals with species and age as well as distribution of the metals in various organs and tissues are noted. The highest concentrations of most metals are found in *Notothenia marmorata*. The maximum concentrations of all metals occur in the peripheral organs and tissues (fins, scale, skin).