

УДК 551.465

## СОДЕРЖАНИЕ МИКРО- И УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОТОЛИТАХ КЛЮВОРЫЛОЙ *ANTIMORA ROSTRATA* И МЕЛКОЧЕШУЙНОЙ *A. MICROLEPIS* АНТИМОР (MORIDAE, TELEOSTEI)

© 2020 г. Н. Б. Коростелев<sup>1,2</sup>, А. М. Орлов<sup>1,3,4,\*</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

<sup>4</sup>Томский государственный университет, Томск, Россия

\*e-mail: orlov@vniro.ru

Поступила в редакцию 19.02.2020 г.

После доработки 17.03.2020 г.

Принята к публикации 08.04.2020 г.

Исследовано содержание 53 микро- и ультрамикроэлементов в отолитах двух глубоководных видов рыб — клюворылой антиморы *Antimora rostrata* из северо-западной Атлантики (СЗА) и мелкочешуйной антиморы *Antimora microlepis* из северо-восточной Пацифики (СВП). Максимальной концентрацией в отолитах данных видов характеризовались (в порядке убывания) стронций, никель, цинк, барий, хром, медь, литий, кобальт и цирконий. Содержание бария, вольфрама и лития было выше в отолитах первого вида, иттрия и урана — последнего. Это, вероятно, обусловлено различным химическим составом вод СЗА и СВП, а также различиями в линейных размерах рыб и изменением концентраций отдельных элементов в процессе онтогенеза. Проведено сравнение содержания свинца, мышьяка, цинка, меди, никеля в отолитах, почках, мышцах и печени рыб из разных районов.

**Ключевые слова:** микроэлементы, ультрамикроэлементы, отолиты, клюворылая антимора *Antimora rostrata*, мелкочешуйная антимора *Antimora microlepis*, Северная Атлантика, Северная Пацифика

**DOI:** 10.31857/S003015742005010X

Химический состав отолитов определяется физиологической активностью рыб и зависит от условий окружающей среды [27]. В некоторых случаях химический состав отолита позволяет судить о составе воды, в которой обитала рыба [7]. По этой причине в последние годы исследования элементного состава отолитов рыб получили широкое развитие [8, 10, 11]. По составу отолита можно судить об особенностях биологии рыб и изменении условий окружающей среды в процессе онтогенеза [8, 27]. Данные исследования в настоящее время проводятся в нескольких направлениях и нашли свое применение при изучении жизненных циклов рыб [3, 4, 8, 11], определении возраста радиометрическими методами [9, 15, 20, 28], изучении популяционной структуры [12] и мониторинге окружающей среды [5, 21]. Исследования элементного состава отолитов глубоководных рыб немногочисленны и направлены по большей части на понимание внутривидовой организации отдельных видов [6, 18, 22–24, 29, 30]. Чаще же всего в отношении глубоководных рыб приводятся данные о содержании небольшого числа эле-

ментов (преимущественно тяжелых металлов) в отдельных органах и тканях [13, 14, 25, 26, 31]. Публикации, в которых исследовано содержание широкого спектра элементов в отолитах и тканях глубоководных рыб, единичны [2, 29]. Для представителей глубоководных рыб рода *Antimora* в литературе имеются данные только о содержании отдельных элементов в мышцах, жабрах и печени клюворылой антиморы *A. rostrata* [13, 14, 25, 26, 31] и в мышечной ткани мелкочешуйной антиморы *A. microlepis* [1].

В настоящей работе впервые приводятся сведения о содержании 53 микро- и ультрамикроэлементов в отолитах клюворылой и мелкочешуйной антимор.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данного сообщения послужили отолиты (сагитта) клюворылой антиморы *Antimora rostrata* (2 экз.) и мелкочешуйной антиморы *A. microlepis* (2 экз.). Отолиты первого вида были собраны в феврале 2016 г. в северо-западной Ат-

**Таблица 1.** Биологические характеристики особей, от которых были взяты отолиды

	<i>Antimora rostrata</i>		<i>Antimora mirolepis</i>	
	1	2	1	2
Номер рыбы				
Общая длина тела ( <i>TL</i> ), см	41.2	55.1	29.0	36.0
Масса тела, г	450	1460	120	280
Пол	Самец	Самка	Самец	Самец

лантике (46°50′–43°30′ с.ш., 49°01′–46°40′ з.д.) у побережья Ньюфаундленда (Большая Ньюфаундлендская банка) на глубинах 809–2089 м [17]. Отолиды второго вида собраны в ходе проведения донных траловых съемок в водах западного побережья США (West Coast Groundfish Bottom Trawl Survey) Северо-Западным Рыбохозяйственным Центром (Northwest Fisheries Science Center, Seattle, USA) в 2007 и 2010 гг. в районе, ограниченном координатами 32°00′–47°48′ с.ш. и 117°44′–125°42′ з.д., в диапазоне глубин 467–1256 м [16]. Биологические характеристики особей, от которых были взяты отолиды, приведены в табл. 1.

Определение микроэлементного состава производили в целом отолиде по аналогии с подобными исследованиями отолидов других глубоководных видов рыб [29, 30]. Работы проведены в аналитическом сертификационном испытательном центре (АСИЦ, г. Москва) масс-спектральным с индуктивно-связанной плазмой (МС) и атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой (АЭ) методами с помощью масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP Qc (“Thermo Scientific”, США) и атомно-эмиссионного с индуктивно-связанной плазмой спектрометра ICPE-9000 (“Shimadzu”, Япония). Результаты анализа приведены на воздушно-сухую пробу.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из 53 микро- и ультрамикроэлементов, содержание которых в отолидах особей двух видов определено в ходе проведения исследований (табл. 2), наибольшей концентрацией (в порядке убывания, мкг/г) характеризовались стронций (1995.7–2659.5), никель (20.2–25.8), цинк (3.6–13.4), барий (2.9–9.3), хром (1.7–2.8), медь (1.3–2.2), литий (0.7–1.9), кобальт (1.0–1.7) и цирконий (0.3–1.7). Концентрации остальных элементов в отолидах антимор не превышали 1 мкг/г.

Сведения по содержанию микроэлементов в отолидах глубоководных рыб фрагментарны и крайне ограничены. В двух публикациях, в которых проводилось исследование популяционной структуры угольной сабли-рыбы *Aphanopus carbo* и незумии *Nezumia aequalis* [29, 30], определялось содержание целого ряда микроэлементов (до 30), однако конкретные значения измеренных концентраций не приводятся. Из данных, приведен-

ных на графике одной из указанных работ [30], следует, что концентрации лития в отолидах незумии из Средиземного моря и северо-восточной Атлантики составляли 0.47–0.73 мкг/г, а стронция – 1350–1750 мкг/г. Эти данные вполне сопоставимы с полученными по указанным элементам нами в отолидах антимор – 0.65–1.89 мкг/г и 1996–2660 мкг/г соответственно.

Сравнение содержания микроэлементов в отолидах клюворылой и мелкочешуйной антимор показало некоторые различия в концентрациях. Содержание бария (5.7–9.3 против 2.9–3.5 мкг/г), вольфрама (0.07–0.11 против < 0.04 мкг/г) и лития (1.2–1.9 против 0.7–0.8 мкг/г) было заметно выше в отолидах первого вида, в то время как иттрия (0.022 против 0.025–0.035 мкг/г) и урана (0.015–0.022 против 0.023–0.032 мкг/г) – наоборот, у последнего. Поскольку накопление основных микроэлементов в отолидах морских рыб осуществляется за счет поступления из морской воды [19, 32], по всей видимости, обнаруженные различия в содержании отдельных элементов в отолидах двух видов антимор обусловлены различным химическим составом вод северо-восточной Пацифики и северо-западной Атлантики. Различия в содержании некоторых элементов у особей одного и того же вида глубоководных рыб в разных частях ареала отмечались ранее. Так, концентрации лития и стронция в отолидах угольной сабли-рыбы в разных районах Северной Атлантики заметно различались [29]. Содержание магния, стронция, марганца и меди в отолидах незумии из вод Средиземного моря и северо-восточной части Атлантического океана были также различными [30].

Кроме того, как показывают отдельные исследования [14, 30], в процессе онтогенеза происходит изменение концентраций отдельных элементов. В мышечной ткани клюворылой антиморы из вод Северной Каролины содержание цинка, меди, железа и марганца с увеличением линейных размеров уменьшалось, а ртути, наоборот, возрастало. Обнаруженные нами различия в содержании отдельных элементов в отолидах двух видов антимор, могут быть также отчасти связаны с различиями в линейных размерах рыб – клюворылая антимора (41–55 см) в наших пробах была заметно крупнее мелкочешуйной (29–36 см).

Сравнивая концентрации отдельных элементов в различных органах и тканях мелкочешуйной антиморы, можно констатировать, что в мышцах

Таблица 2. Содержание микроэлементов в отолитах антимор (мкг/г)

Элемент	<i>Antimora rostrata</i>		<i>Antimora microlepis</i>		Метод анализа
	1	2	1	2	
<b>Барий</b>	5.74	9.32	3.5	2.9	АЭ, МС
Бериллий	0.0054	<0.004	0.0046	<0.004	МС
Ванадий	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	АЭ
Висмут	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	МС
<b>Вольфрам</b>	0.11	0.073	<0.04	<0.04	МС
Гадолиний	<0.003	<0.003	0.0084	<0.003	МС
Галлий	0.073	0.048	0.058	0.055	МС
Гафний	<0.03	1.0	0.05	<0.03	МС
Гольмий	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	МС
Диспрозий	<0.002	<0.002	0.0031	<0.002	МС
Европий	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	МС
Золото	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	МС
Иридий	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	МС
Иттербий	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	МС
<b>Иттрий</b>	0.022	0.022	0.035	0.025	МС
Кадмий	<0.005	0.007	0.009	0.0063	МС
Кобальт	1.07	1.7	0.98	1.13	АЭ, МС
Лантан	0.022	0.013	0.08	0.012	МС
<b>Литий</b>	1.24	1.89	0.78	0.65	АЭ, МС
Лютеций	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	МС
Медь	1.77	1.56	2.21	1.26	АЭ, МС
Молибден	0.26	0.27	0.42	0.27	МС
Мышьяк	<0.2	<0.2	0.23	<0.2	МС
Неодим	0.0087	0.01	0.049	<0.005	МС
Никель	21.7	25.8	20.2	22.4	АЭ, МС
Ниобий	<0.02	0.19	0.058	<0.02	МС
Олово	0.048	0.055	0.085	0.053	МС
Палладий	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	МС
Платина	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	МС
Празеодим	<0.003	<0.003	0.012	<0.003	МС
Рений	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	МС
Родий	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	МС
Рубидий	0.078	0.11	0.092	<0.07	МС
Самарий	<0.002	<0.002	0.0097	<0.002	МС
Свинец	0.051	0.041	0.23	<0.03	МС
Селен	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	МС
Серебро	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	МС
Скандий	0.41	0.76	0.57	0.51	МС
Стронций	2043.8	2128.6	1995.7	2659.5	АЭ, МС
Сурьма	0.052	0.067	0.064	0.07	МС
Таллий	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	МС
Тантал	<0.03	0.38	0.043	<0.03	МС
Теллур	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	МС
Тербий	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	МС
Торий	<0.03	0.69	0.13	0.056	МС
Тулий	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	МС
<b>Уран</b>	0.022	0.015	0.032	0.023	МС
Хром	1.7	2.8	2.52	2.09	АЭ, МС
Цезий	<0.006	<0.006	0.021	<0.006	МС
Церий	0.022	0.02	0.12	0.015	МС
Цинк	5.79	4.33	13.4	3.59	АЭ, МС
Цирконий	0.28	1.68	0.75	0.31	МС
Эрбий	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	МС

Примечание: полужирным шрифтом выделены элементы, содержание которых у двух видов антимор заметно различается.

у особей из вод подводного Императорского хребта [1] и отолитах рыб из северо-восточной Пацифики (наши данные) содержание свинца находится в сравнимых пределах (0.11 против <0.03–0.23 мкг/г), мышьяка (0.40 против <0.20–0.23 мкг/г) и цинка (0.90 против 0.31–0.75 мкг/г) заметно больше, а меди (0.18 против 1.26–2.21 мкг/г) существенно меньше. У кловорылой антиморы из вод желоба Рокколл, северо-восточная Атлантика [31] в сравнении с рыбами из района Большой Ньюфаундлендской Банки (наши данные) содержание никеля в печени (0.03 мкг/г), жабрах (0.03 мкг/г) и мышцах (0.67 мкг/г) существенно меньше, чем в отолитах (21.7–25.8 мкг/г). В то же время содержание меди в отолитах (1.56–1.77 мкг/г) выше, чем в жабрах (0.50 мкг/г) и мышцах (0.26 мкг/г), но меньше, чем в печени (3.23 мкг/г). У особей данного вида из вод Северной Каролины, северо-западная Атлантика [14] в сравнении с рыбами из района Большой Ньюфаундлендской Банки (наши данные) в мышцах цинка (3.15 мкг/г) и меди (0.41 мкг/г) содержится меньше, чем в отолитах (4.33–5.79 и 1.56–1.77 мкг/г соответственно).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ввиду незначительной выборки и анализа микроэлементов в целом отолите, а не в каждой зоне годового прироста, говорить о закономерностях накопления микроэлементов в отолитах антимор в процессе онтогенеза затруднительно. Полученные результаты предоставляют информацию о микро- и ультрамикроэлементном составе отолитов плохо изученных глубоководных представителей рода *Antimora*, которая может быть полезна в плане получения новых сведений о жизненном цикле рассматриваемых видов и их среде обитания. Присутствие в отолитах свинца предоставляет возможность изучения возраста антимор радиометрическим методом, основанным на соотношениях Pb-210/Ra-226 [9, 28].

**Благодарности.** Авторы благодарят своих коллег Рафаэля Байона (Rafael Baion, Instituto de Investigaciones Marinas, Vigo, Spain), Питера Фрея (Peter Frey, Northwest Fisheries Science Center, Seattle, USA) за предоставленные в их распоряжение отолиты антимор, а также Л.А. Пельгунову (ИПЭЭ РАН, Москва, Россия) за ценные советы при подготовке данного сообщения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В., Павел К.Г., Мальцев И.В. Технохимическая характеристика глубоководного объекта антиморы мелкочешуйной *Antimora microlepis* // Изв. ТИНРО. 2019. Т. 198. С. 230–238.
2. Орлов А.М., Артемов Р.В., Орлова С.Ю. Элементный состав стенки плавательного пузыря у некоторых глубоководных рыб Северной Атлантики // Биол. моря. 2016. Т. 42. № 5. С. 381–386.
3. Павлов Д.С., Кузищин К.В., Груздева М.А. и др. Разнообразие жизненной стратегии мальмы *Salvelinus malma* (Walbaum) (Salmonidae, Salmoniformes) Камчатки: онтогенетические реконструкции по данным рентгенофлуоресцентного анализа микроэлементного состава регистрирующих структур // Докл. РАН. 2013. Т. 450. № 2. С. 240–240.
4. Павлов Д.С., Самойлов К.Ю., Кузищин К.В. и др. Разнообразие жизненных стратегий судака *Sander lucioperca* (L.) Нижней Волги (по данным анализа микроэлементного состава отолитов) // Биол. внутр. вод. 2016. № 4. С. 45–53.
5. Павлова Л.А., Павлов С.М. Особенности РСМА отолитов рыб как перспективного метода мониторинга окружающей среды // Методы и объекты хим. анализа. 2006. Т. 1. № 1. С. 48–53.
6. Ashford J.R., Arkhipkin A.I., Jones C.M. Can the chemistry of otolith nuclei determine population structure of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides*? // J. Fish. Biol. 2006. V. 69. P. 708–721.
7. Bath G.E., Thorrold S.R., Jones C.M. et al. Strontium and barium uptake in aragonitic otoliths of marine fish // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2000. V. 64. № 10. P. 1705–1714.
8. Begg G.A., Campana, S.E., Fowler A.J., Suthers I.M. Otolith research and application: current directions in innovation and implementation // Mar. Freshwat. Res. 2005. V. 56. P. 477–483.
9. Cailliet G.M., Andrews A.H., Burton E.J. et al. Age determination and validation studies of marine fishes: do deep-dwellers live longer? // Exp. Gerontol. 2001. V. 36. № 4–6. P. 739–764.
10. Campana S.E. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1999. V. 188. P. 263–297.
11. Campana S.E. Otolith elemental composition as a natural marker of fish stocks // Stock Identification Methods / Eds. Cadrin et al. New York: Academic Press, 2005. P. 227–245.
12. Campana S.E., Thorrold S.R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 2001. V. 58. № 1. P. 30–38.
13. Cronin M., Davies I.M., Newton A. et al. Trace metal concentrations in deep sea fish from the North Atlantic // Mar. Environ. Res. 1998. V. 45. P. 225–238.
14. Cross F.A., Hardy L.H., Jones N.Y., Barber R.T. Relation between total body weight and concentrations of manganese, iron, copper, zinc, and mercury in white muscle of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) and a bathydemersal fish *Antimora rostrata* // J. Fish. Res. Board Can. 1973. V. 30. P. 1287–1291.
15. Fenton G.E., Short S.A. Radiometric analysis of blue grenadier, *Macruronus novaezealandiae*, otolith cores // Fish. Bull. 1995. V. 93. № 2. P. 391–396.
16. Frey P.H., Keller A.A., Simon V. Dynamic population trends observed in the deep-living Pacific flatnose, *Antimora microlepis*, on the U.S. West Coast // Deep-Sea Res. Pt. I. 2017. V. 122. P. 105–112.

17. Gordeev I., Sokolov S., Bañon R. et al. Parasites of the blue antimora, *Antimora rostrata* and slender codling, *Halargyreus johnsonii* (Gadiformes: Moridae), in the Northwestern Atlantic // Acta Parasit. 2019. V. 64. Iss. 3. P. 489–500.
18. Higgins R., Isidro E., Menezes G., Correia A.T. Otolith elemental signatures indicate population separation in deep-sea rockfish, *Helicolenus dactylopterus* and *Pontinus kuhlii*, from the Azores // J. Sea Res. 2013. V. 83. P. 202–208.
19. Hoff G.R., Fuiman L.A. 1995 Environmentally-induced variation in elemental composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) otoliths // Bull. Mar. Sci. V. 56. P. 578–591.
20. Kastle C.R., Kimura D.K., Neviss A.E., Gunderson D.R. Using Pb-210/Ra-226 disequilibria for sablefish, *Anoplopoma fimbria*, age validation // Fish. Bull. 1994. V. 92. № 2. P. 292–301.
21. Labonne M., Morize E., Kulbicki M. et al. Otolith chemical signature and growth of *Chaetodon speculum* in coastal areas of New Caledonia // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2008. V. 78. № 3. P. 493–504.
22. Longmore C., Fogarty K., Neat F.C. et al. A comparison of otolith microchemistry and otolith shape analysis for the study of spatial variation in a deep-sea teleost, *Coryphaenoides rupestris* // Environ. Biol. Fish. 2010. V. 89. P. 591–605.
23. Longmore C., Trueman C., Neat F. et al. Otolith geochemistry indicates life-long spatial population structuring in a deep-sea fish, *Coryphaenoides rupestris* // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2011. V. 435. P. 209–224.
24. Longmore C., Trueman C.N., Neat F. et al. Ocean-scale connectivity and life cycle reconstruction in a deep-sea fish // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 2014. V. 71. № 9. P. 1312–1323.  
<https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0343>
25. Martins I., Costa V., Porteiro F.M. et al. Mercury concentrations in fish species caught at Mid-Atlantic Ridge hydrothermal vent fields // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2006. V. 320. P. 253–258.
26. Mormede S., Davies I.M. Heavy metal concentrations in commercial deepsea fish from the Rockall Trough // Cont. Shelf Res. 2001. V. 21. № 8–10. P. 899–916.
27. Radtke R.L., Shafer D.J. Environmental sensitivity of fish otolith microchemistry // Mar. Freshwat. Res. 1992. V. 43. № 5. P. 935–951.
28. Smith J.N., Nelson R., Campana, S.E. The use of Pb-210/Ra-226 and Th-228/Ra-228 disequilibria in the ageing of otoliths of marine fish // Radionuclides in the study of marine processes. / Eds. Kershaw P.J., Woodhead D.S. New York: Elsevier, 1991. P. 350–359.
29. Swan S.C., Gordon J.D.M., Shimmield T. Preliminary investigations on the uses of otolith microchemistry for stock discrimination of the deep-water black scabbardfish (*Aphanopus carbo*) in the North East Atlantic // J. Northwest Atl. Fish. Sci. 2003. V. 31. P. 221–231.
30. Swan S.C., Gordon J.D.M., Morales-Nin B. et al. Otolith microchemistry of *Nezumia aequalis* (Pisces: Macrouridae) from widely different habitats in the Atlantic and Mediterranean / J. Mar. Biol. Assoc. UK. 2003. V. 83. P. 883–886.
31. Vas P., Gordon J.D.M., Fielden P.R., Overnell J. The trace metal ecology of the Ichthyofauna in the Rockall Trough, North-Eastern Atlantic // Mar. Pollut. Bull. 1993. V. 26. № 11. P. 607–612.
32. Walther B., Thorrold S.R. 2006. Water, not food, contributes the majority of strontium and barium deposited in the otoliths of a marine fish // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 311. P. 125–130.

## Micro- and Ultramicroelemental Content in the Otoliths of Blue Hake *Antimora rostrata* and Pacific Flatnose *A. microlepis* (Moridae, Teleostei)

N. B. Korostelev<sup>a, b</sup>, A. M. Orlov<sup>a, c, d, #</sup>

<sup>a</sup>Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>b</sup>Koltsov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>c</sup>Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia

<sup>d</sup>Tomsk State University, Tomsk, Russia

<sup>#</sup>e-mail: orlov@vniro.ru

The content of 53 micro- and ultramicroelements in otoliths of two deep-sea fish species, the blue antimora *Antimora rostrata* from the North-West Atlantic (NWA) and the Pacific flatnose *Antimora microlepis* from the North-East Pacific (NEP) was studied. The maximum concentration in otoliths of these species was characterized (in descending order) by strontium, nickel, zinc, barium, chromium, copper, lithium, cobalt and zirconium. The content of barium, tungsten, and lithium was higher in the otoliths of the former species, while yttrium and uranium were higher in the latter one. This is probably due to the different chemical composition of the waters of the NWA and NEP, as well as to differences in the linear size of fish and changes in the concentrations of individual elements during ontogenesis. The content of lead, arsenic, zinc, copper, and nickel in otoliths, kidneys, muscles and liver of fish from different regions was compared.

**Keywords:** microelements, ultramicroelements, otoliths, blue antimora *Antimora rostrata*, Pacific flatnose *Antimora microlepis*, North Atlantic, North Pacific