

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

УДК 557.170.49:594.11:577.118

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ТЕРПУГА *PLEUROGRAMMUS AZONUS*
И КАМБАЛЫ *HIPPOGLOSSOIDES DUBIUS*
(АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

© 2019 г. С.В. Чусовитина¹, Н.И. Стеблевская^{1,2}, Н.В. Полякова², Е.А. Жадько¹

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, 690087

²Институт химии ДВО РАН, Владивосток, 690022
E-mail: steblevskaya@ich.dvo.ru

Поступила в редакцию 02.04.2018 г.

Изучено содержание некоторых элементов в мышечной и костной тканях, жабрах, половой железе, печени и коже рыб: южного одноперого терпуга *Pleurogrammus azonus* и южной палтусовидной камбалы *Hippoglossoides dubius*, отобранных в Амурском заливе — части залива Петра Великого (Японское море). Показаны особенности распределения некоторых элементов в органах и тканях этих гидробионтов. Выявлены более высокие показатели накопления ряда элементов у южной палтусовидной камбалы — придонного вида, потребляющего ракообразных, двустворчатых моллюсков и полихет. Содержание токсичных нормируемых элементов — свинца, кадмия, мышьяка и ртути — в органах и тканях исследованных образцов промысловых рыб Амурского залива не превышает предельно допустимых норм.

Ключевые слова: южный одноперый терпуг *Pleurogrammus azonus*, южная палтусовидная камбала *Hippoglossoides dubius*, элементный состав, тяжелые металлы, залив Петра Великого (Японское море).

ВВЕДЕНИЕ

Процессы биоаккумуляции в водных экосистемах обусловлены биохимической потребностью организмов в элементах, необходимых для процессов дыхания, окисления, образования комплексных соединений. Интенсивность накопления элементов в тканях рыб во многом зависит от их концентрации в воде и в кормовых объектах, биодоступности соединений, температуры воды. Помимо характера питания на концентрацию элементов влияют образ жизни (пелагический или донный/придонный) и возраст особей (молодь/взрослые) (Будько и др., 2015). У бентофагов и донных рыб по сравнению с хищниками и пелагическими видами концентрации, в частности, тяжелых металлов,

как правило, выше (Мур, Рамамурти 1987; Симоконь, 2003; Голубкина и др., 2009).

Динамику состояния вод залива Петра Великого (Японское море) во многом определяет как поступление различных химических соединений с бытовыми и промышленными стоками г. Владивосток, так и с речными потоками из других населенных пунктов и с сельскохозяйственных угодий. Последствия антропогенного воздействия на водные экосистемы являются предметом пристального внимания экологов, специалистов, изучающих состояние отдельных групп гидробионтов, а также рыбаков и непосредственных потребителей рыбной продукции. В промысловом и экологическом аспектах для грамотного обоснования выбора районов создания хозяйств товарной и санитарной

марикультуры необходим регулярный сбор информации о химико-экологической ситуации в акватории, в частности, о возможных нарушениях природного фона микро- и макроэлементов, а также выявление путей проникновения химических элементов в организм гидробионтов, закономерностей их распределения и аккумуляции в различных органах. Ранее проведенные исследования показали как большое разнообразие в накоплении микроэлементов продуцентами и консументами разных трофических уровней, так и определенные особенности организмов, связанные с их эколого-биологической спецификой (Бусарова и др., 2017). Изменение элементного состава органов и тканей гидробионтов может приводить к ухудшению качества рыбного сырья.

Промысловая ихтиофауна прибрежных вод залива Петра Великого представлена большим числом пелагических, донных и придонных видов. На рыбных рынках и в магазинах в мороженном и охлажденном виде традиционно присутствуют камбала и терпуг, которых используют также для приготовления копченой и сушеной продукции.

Настоящее исследование является продолжением серии работ по изучению динамики элементного состава в тканях промысловых и культивируемых (мидия, гребешок, трепанг) гидробионтов залива Петра Великого. Цель настоящей работы — изучение макро- и микроэлементного состава органов и тканей терпуга *Pleurogrammus azonus* и камбалы *Hippoglossoides dubius* Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Южные однопёрый терпуг *Pleurogrammus azonus* и палтусовидная камбала *Hippoglossoides dubius* были пойманы осенью 2017 г. в южной части Амурского залива в районе п-ова Песчаный. Для исследования были взяты образцы кожи, позвонков, гонад, жабр, печени, мышечной ткани. Всего анализу подвергнуто по 60

проб органов и тканей каждого вида. Пробоподготовку осуществляли в соответствии с рекомендациями (Бок, 1984; Стеблевская и др., 2009, 2016; Бусарова и др., 2017): образцы помещали в тefлоновые автоклавы, добавляли смесь азотной и соляной кислоты (1: 2) и разлагали в микроволновом реакторе UltraClave («Milestone», Италия) 60 мин при 200°C и давлении 6,2 мПа. Элементный анализ подготовленных растворов проб проводили рентгенофлуоресцентным методом с полным внешним отражением на приборе TXRF 8030 C («FEI Com.», Германия). Пробу объемом 10 мкл наносили на подложку из полированного кварцевого стекла. Время измерения — 500 с, источник возбуждения — рентгеновская трубка с вольфрамовым анодом. Внутренний стандарт — раствор иттрия в концентрации 20 мкг/мл. Предел обнаружения различных элементов варьирует в пробах от 10^{-7} до $10^{-10}\%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными источниками поступления химических элементов в организм рыб являются вода и кормовые объекты, основными путями — пищеварительный тракт, покровы и жабры. Южные однопёрый терпуг и палтусовидная камбала — низкбореальные приазиатские виды. Терпуг *P. azonus* — элиторальный придонно-пелагический вид, камбала *H. dubius* — элитомезобентальный вид (Атлас ..., 2014). По данным Чучукало (2006), молодь терпуга питается планктоном, половозрелые особи крупнее 32–34 см — хищники со смешанным типом питания. В водах Приморья основными кормовыми объектами терпуга являются copeподы Copepoda, гиперииды Hyperiid, эффаузииды Euphausiacea, доля рыбы максимальна (до 88%) у особей длиной 30–40 см. Спектр питания камбалы включает ракообразных (Amphipoda, Cumacea, Decapoda), двустворчатых моллюсков Bivalvia, полихет Polychaeta и офиур Ophiuroidea — всего более 10 таксономических групп беспозвоночных животных и рыб. Рацион терпуга и камбалы

изменяется как по мере роста, так и в связи с местом обитания и сезоном года.

В некоторых исследованиях (Ковековдова, 2008; Ковековдова, Симоконь, 2010) отмечалось, что распределение элементов по органам рыб не зависит от их видовой принадлежности. В других работах (Марченко, Христофорова, 2008), в том числе и в представленной нами (Стеблевская и др., 2016) ранее, наоборот, приводят данные о видовых различиях в распределении ряда металлов по органам и тканям рыб Южного Приморья. Во всех взятых для исследований образцах тканей и органов терпуга и камбалы определены жизненно важные элементы: фосфор, кальций, сера и калий. Ионы калия участвуют в поддержании осмотического давления, генерации и проведении биоэлектрических потенциалов, активации

некоторых ферментов. Кальций не только участвует в образовании костной ткани рыб, но и отвечает за движения мышц, способствует проведению нервных импульсов.

Средние показатели содержания серы и калия у камбалы и терпуга соизмеримы, количество фосфора и кальция заметно выше у камбалы. У терпуга максимальная концентрация серы обнаружена в жабрах, у камбалы — в коже. Как у терпуга, так и у камбалы высокие концентрации калия зафиксированы в мышцах и коже. В пробах печени содержание этого элемента у терпуга было наибольшим, у камбалы — наименьшим. Средняя концентрация составляющих основу костной ткани кальция и фосфора в туловищных позвонках соответственно: у терпуга — 24662,7 и 14048,25 мг/кг, у камбалы — 66393,7 и 23809,7 мг/кг (рис. 1).

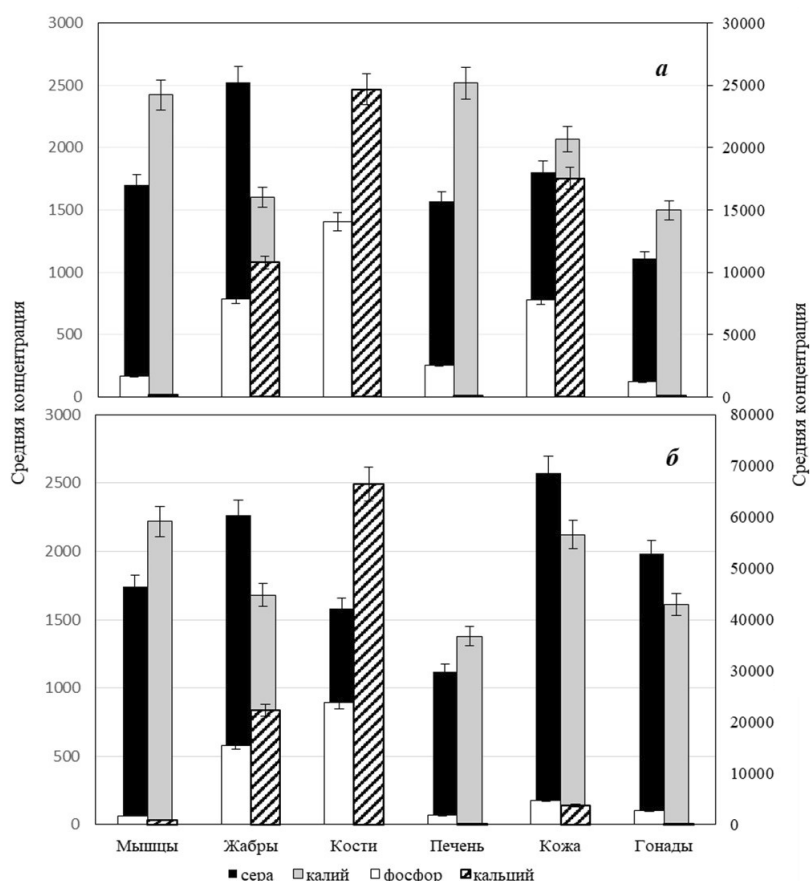


Рис. 1. Распределение химических элементов в тканях терпуга *Pleurogrammus azonus* (а) и камбалы *Hippoglossoides dubius* (б), мг/кг суховоздушной массы — серы, калия (по оси ординат слева) и фосфора, кальция (по оси ординат справа).

В тканях животных и рыб кальций может замещаться стронцием (Виноградов, 1990; Ковальский, 2009). Структурное сходство этих элементов приводит к нарушению обмена кальция в организме и участию стронция в кальцийзависимых метаболических процессах. По данным Лысенко с соавторами (2010), присутствие Sr^{2+} негативно влияет на все этапы нормального функционирования внутриклеточной Ca^{2+} -зависимой протеолитической системы и может влиять на снижение общей протеолитической способности кальпаинов. У исследованных рыб высокие концентрации стронция выявлены в костной ткани и жабрах, причем у камбалы средние значения (248,7 и 99,2 мг/кг соответственно) были выше, чем у терпу-

га (119,8 и 59,3 мг/кг) почти в два раза. В других органах и тканях уровень накопления этого элемента значительно ниже, а минимальное его содержание отмечено в печени и гонадах (рис. 2).

Степень аккумуляции микроэлементов гидробионтами во многом определяется интенсивностью метаболизма в органах и биологической ролью элементов. В органах и тканях рыб в зависимости от их видовой принадлежности, биологической специализации, района обитания и других факторов по концентрации микроэлементов обычно преобладают железо и цинк. Высокое содержание железа, цинка и меди связано с их ролью в процессах кроветворения, легочного и тканевого дыхания, синтезе гемоглобина и других процессах.

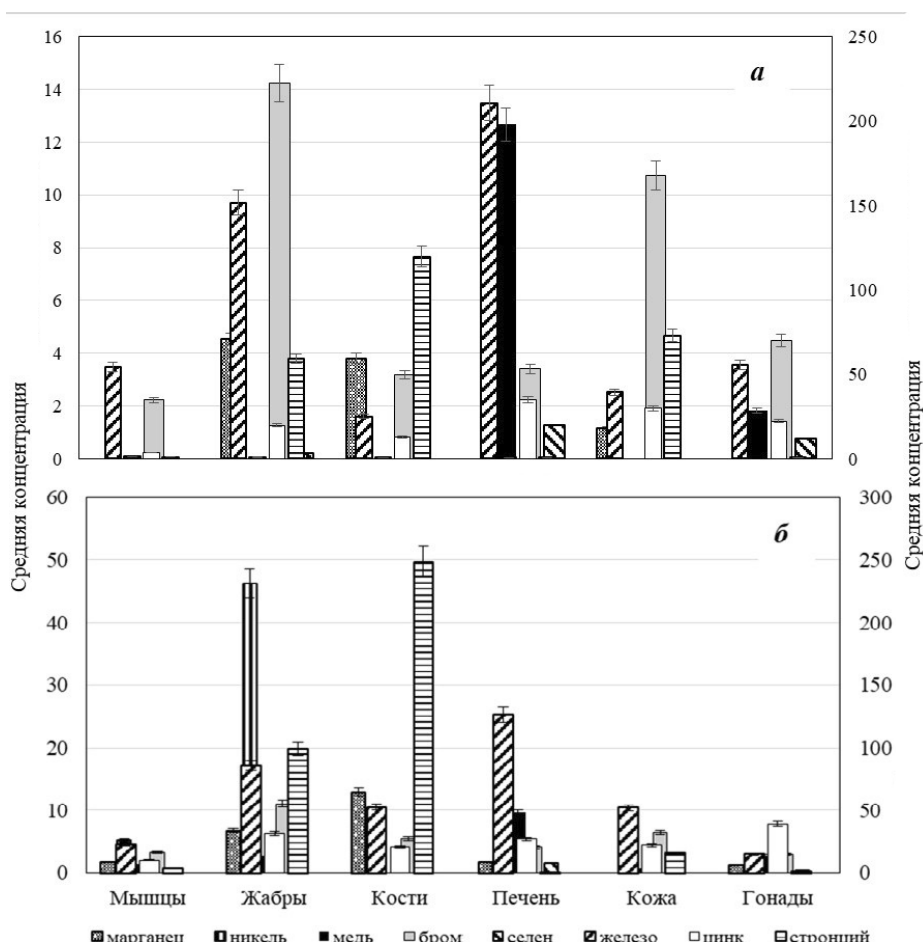


Рис. 2. Распределение химических элементов марганца, никеля, меди, брома, селена (по оси ординат слева) и железа, цинка, стронция (по оси ординат справа) в тканях терпуга *Pleurogrammus azonus* (а) и камбалы *Hippoglossoides dubius* (б), мг/кг суховоздушной массы.

В тканях и органах терпуга *P. azonus* и камбалы *H. dubius* микроэлементы по уровню накопления располагались следующим образом в порядке убывания (рис. 2):

Терпуг. Жабры: железо → стронций → цинк → бром → марганец → никель → свинец; мышцы: железо → цинк → бром → никель → мышьяк → стронций → свинец; печень: железо → цинк → медь → мышьяк → бром → селен → стронций → рубидий → кадмий → свинец; кость: стронций → железо → цинк → марганец → бром → мышьяк → свинец; кожа: стронций → железо → цинк → бром → свинец; гонады: железо → цинк → бром → медь → селен → стронций.

Камбала. Жабры: стронций → железо → цинк → бром → марганец → медь → никель → мышьяк → свинец → селен, рубидий; мышцы: железо → цинк → никель → мышьяк → стронций → бром → хром → марганец → медь → селен → свинец; печень: железо → цинк → медь → мышьяк → бром → марганец → селен → стронций → рубидий → кадмий; кость: стронций → железо → цинк → медь → марганец → бром → мышьяк → рубидий → свинец; кожа: железо → цинк, стронций → бром → никель → мышьяк → хром → медь → свинец; гонады: цинк → железо → бром → медь → марганец → никель → стронций → селен → рубидий.

В последние годы, несмотря на стабилизацию экологической ситуации в Амурском заливе (III класс — «умеренно-загрязненные» воды), содержание железа в два раза превышало ПДК (106 мкг/дм³) (Черкашин, 2016). Возможно, в связи со сложившимися гидрохимическими условиями в большинстве органов и тканей терпуга и камбалы среди эссенциальных элементов количественно лидировало железо (рис. 2). Максимальные концентрации этого элемента выявлены в печени, отвечающей за детоксикацию, депонирование металлов, образование гемопротейнов. Преимущественное накопление железа в печени ранее отмечали у полосатой *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* (Мар-

ченко, 2007) и морской *Pleuronectes platessa* камбал, камбалы-ерша *Hippoglossoides platessoides limandoides*, зубаток *Anarhichas denticulatus*, *Anarhichas lupus*, пикши *Melanogrammus aeglefinus*, трески *Gadus morhua*, сайки *Boreogadus saida* (Лаптева, 2010), сельди *Clupea pallasii*, наваги *Eleginus gracilis*, камбалы Шренка *Pseudopleuronectes schrenki* (Ковековдова, 2008).

Концентрация цинка в органах и тканях исследованных образцов терпуга и камбалы уступала таковой железа в два—семь раз (рис. 2). Цинк лидировал в почке убывания элементов в чешуе, коже, мышцах, гонадах пресноводных, проходных и морских видов рыб (Марченко, Христофорова, 2008). В мускулатуре желтопёрой камбалы *Limanda aspera*, сельди *Clupea pallasii* и минтая *Theragra chalcogramma* заливе Петра Великого, как и в нашем случае, количественно преобладало железо (Ковековдова, 2008).

По концентрации медь была следующим микроэлементом в печени исследованных рыб. В печени камбал показатели изменялись от 2,7 до 17,7 мг/кг, в среднем в восемь раз превышая среднюю концентрацию этого элемента в мышечной ткани (рис. 2, а). В печени терпуга концентрация меди была выше, в среднем составив 12,7 мг/кг. Содержание элемента в гонадах было меньше, чем в печени, у терпуга в шесть раз, у камбалы — в три раза. Высокое содержание и преимущественное накопление железа и меди в печени характерно для рыб разных экологических групп (Глазунова, 2007; Ваганов, 2011; Зубкова и др., 2016). В других исследованных образцах у терпуга медь не выявлена, у камбалы она отсутствовала в коже и костной ткани.

Содержание марганца в костной ткани камбалы в восемь—десять раз превышало его содержание в других органах. Концентрации марганца в жабрах и туловищных позвонках терпуга были близки, а в остальных образцах марганец не обнаружен.

Сравнительный анализ содержания микроэлементов в органах и тканях терпуга

и камбалы показал более высокие значения большинства элементов у камбалы, что, возможно, определяется как ее физиологическими особенностями, так и пищевыми предпочтениями.

При проведении сравнительного анализа среднего содержания элементов в органах и тканях отмечена их разная концентрация у терпуга и камбалы соответственно: стронций в жабрах — 59,3 и 99,2 мг/кг, в костной ткани — 119,8 и 248,7 мг/кг, в коже — 73,01 и 22,50 мг/кг; марганец в костной ткани — 3,8 и 12,9 мкг/кг. В тканях и органах терпуга содержание железа по сравнению с камбалой значительно выше в печени (210,7 и 126,4 мг/кг), в жабрах (23,2 и 54,5 мг/кг), в гонадах (55,5 и 14,9 мг/кг), а меди — в печени (12,7 и 9,6 мг/кг). Полученные нами данные о более высоких концентрациях марганца в тканях донных рыб согласуются с результатами ранее выполненных исследований полосатой камбалы и дальневосточной краснопёрки водоемов Южного Приморья: возможно, это связано с ростом содержания растворенного марганца в придонных слоях воды (Шулькин, 1985; Марченко, 2007). Наибольшая концентрация цинка у готовящейся к нересту камбалы *H. dubius* выявлена в яичниках и семенниках, затем следуют жабры, печень и кожа. Ранее были показаны отличия концентраций элементов в органах и тканях белуги в нагульный и преднерестовый периоды (Андреев, 2009). В нашем случае у терпуга *P. azonus*, нерестящегося осенью, во время сбора проб количество цинка в гонадах было невелико, элемент преимущественно накапливался в печени (35,06 мг/кг) и коже (29,71 мг/кг). Мышьяк аккумулировался в костной и мышечной тканях, а также в печени камбалы, у терпуга максимальная концентрация этого элемента выявлена в печени; в мышцах и костях его содержание было ниже в три раза. Относительно высокий уровень мышьяка во всех органах разных видов камбал и моллюсков Амурского залива связывают с накоплением его в грунте (Марченко, Христофорова, 2008; Будько и др., 2015). Концентрация свинца была выше

в жабрах и костной ткани камбалы и терпуга. Локализация стронция, свинца и мышьяка в скелетных элементах косвенно свидетельствует о длительности процесса их накопления (Ваганов, 2011).

Селен, входящий в состав ферментов и гормонов и оказывающий влияние на метаболизм и состояние антиоксидантной системы, поступает в организм преимущественно через пищеварительный тракт. В максимальных количествах микроэлемент аккумулировался в печени исследованных рыб. В печени и жабрах камбалы концентрации были примерно вдвое выше по сравнению с пробами терпуга, у которого селен отсутствовал в мускулатуре.

В целом по уровню накопления микроэлементов органы и ткани терпуга *P. azonus* и камбалы *H. dubius* распределились в порядке убывания следующим образом.

Терпуг. Железо: печень → жабры → гонады → кожа → кости → мышцы; цинк: печень → кожа → гонады → жабры → кости → мышцы; стронций: кости → кожа → жабры → мышцы → гонады → печень; медь: печень → гонады; бром: жабры → кожа → гонады → печень → кости → мышцы; марганец: жабры → кости; селен: гонады → печень; никель: жабры → мышцы.

Камбала. Железо: печень → жабры → кости → кожа → гонады → мышцы; цинк: гонады → жабры → печень → кожа → кости → мышцы; медь: печень → гонады → жабры → мышцы; бром: жабры → кожа → кости → печень → мышцы → гонады; марганец: кости → жабры → мышцы, печень → гонады; селен: печень → жабры → мышцы → гонады.

Концентраторами большинства микроэлементов (Fe, Zn, Cu, Se, Br) являются печень и жабры.

В «Гигиенических требованиях к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (СанПиН 2.3.2.1078–01) на данный момент из тяжелых металлов для рыб нормируются только свинец, кадмий, мышьяк и ртуть. Следует отметить, что в исследуемых образцах органов и тканей терпуга

P. azonus и камбалы *H. dubius* не выявлены превышения ПДК указанных элементов в имеющих пищевую ценность частях рыб — мышцах и печени.

Ранее мы (Стеблевская и др., 2016) исследовали элементный состав органов и тканей других промысловых рыб — камбалы остроголовой *Cleisthenes herzensteini*, наваги тихоокеанской *Eleginus gracilis*, дальневосточной мелкочешуйной краснопёрки *Tribolodon brandtii* и минтая *Theragra chalcogramma*, отобранных в бухте Северная залива Петра Великого (Японское море). Были выявлены отличия в содержании ряда металлов, в частности железа и марганца, у тресковых (наваги и минтая) и камбалы. Сравнительный анализ элементного состава печени камбалы остроголовой *C. herzensteini* и камбалы *H. dubius* не показал значительных отличий в содержании большинства элементов. Следует учитывать, что образцы камбалы были отобраны в один и тот же сезон (осень), но в разные годы (2014 и 2017) и в разных частях залива Петра Великого (бухта Северная и южная часть Амурского залива). Единственной особенностью камбалы *H. dubius*, отобранной в южной части Амурского залива, является присутствие марганца в мышцах и печени, что косвенно указывает на его присутствие в придонном слое вод Амурского залива.

Таким образом, исследования показали, что у камбалы и терпуга — рыб, отличающихся экологическими предпочтениями и трофическим статусом, существуют определенные отличия в концентрации микроэлементов в органах и тканях. Выявлены более высокие показатели накопления ряда элементов у южной палтусовидной камбалы — придонного вида, потребляющего ракообразных, двустворчатых моллюсков и полихет. У южного однопёрого терпуга — придонно-пелагического вида, в пищевом рационе которого присутствуют планктонные организмы и рыбы, содержание большинства микроэлементов в органах и тканях несколько ниже. Кон-

центрация токсичных нормируемых элементов — свинца, кадмия, мышьяка и ртути — в органах и тканях исследованных образцов промысловых рыб залива Петра Великого, в том числе с учетом полученных ранее данных (Стеблевская и др., 2016), не превышает ПДК. Это позволяет судить о высоком качестве и безопасности рыбного сырья из залива Петра Великого. Полученные данные дополняют сведения о распределении элементов в отдельных органах и тканях рыб, а также позволяют судить о химико-экологической ситуации в заливе Петра Великого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев В. В. Микроэлементный состав органов и тканей белуги на различных стадиях жизненного цикла // Вестн. АГТУ. 2009. № 1. С. 108–114.
- Атлас промысловых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2014. 206 с.
- Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. М.: Химия, 1984. 432 с.
- Будько Д. Ф., Демина Л. Л., Мартынова Д. М., Горшкова О. М. Микроэлементы в различных трофических группах беломорских организмов // Океанология. 2015. Т. 55. № 5. С. 808–820.
- Бусарова О. Ю., Есин Е. В., Полякова Н. В., Маркевич Г. Н. Содержание микроэлементов в тканях разных экологических форм гольца *Salvelinus malma* Walbaum, 1792 озера Кроноцкое (Камчатка) // Биология моря. 2017. Т. 43. № 2. С. 110–116.
- Ваганов А. С. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в промысловых видах рыб Куйбышевского водохранилища // Изв. СамарНЦ РАН. 2011. Т. 13. № 5. С. 143–146.
- Виноградов Г. А. Обмен кальция и натрия у молоди лососевых рыб при изменении концентрации тяжелых металлов, магния и рН воды // Тез. докл. II Симпозиума по экологической биохимии рыб. Ярославль, 1990. С. 36–37.

Глазунова И.А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби // Изв. АлтайГУ. 2007. № 3. С. 20–22.

Голубкина Н.А., Чижиков О.А., Зайцев В.Ф., Камакин А.М. Содержание селена в мышечной ткани морских видов рыб в Каспийском море // Вестн. АГТУ. 2009. № 2. С. 44–46.

Зубкова В.М., Розумная Л.А., Болотов В.П. Содержание тяжелых металлов в тканях и органах разных видов рыб Волгоградского водохранилища // Там же. 2016. № 4. С. 93–97.

Ковальский В.В. Проблемы биогеохимии микроэлементов и геохимической экологии. М.: Изд-во РАСХН, 2009. 356 с.

Ковековдова Л.Т. Оценка микроэлементного состава отдельных видов промысловых гидробионтов Японского и Охотского морей // Матер. науч. конф. «Современное состояние водных биоресурсов». Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. С. 551–556.

Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Оценка содержания металлов и мышьяка в донных отложениях и рыбах из рек бассейна залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 160. С. 223–235.

Лаптева А.М. Тяжелые металлы и микроэлементы в промысловых рыбах Баренцева моря. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. С. 145–149.

Лысенко Л.А., Канцерова Н.П., Кяйвярайнен Е.И. и др. Влияние Sr^{2+} на внутриклеточные Ca^{2+} -зависимые протеиназы рыб // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Т. 1. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. С. 127–136.

Марченко А.А. Тяжелые металлы в массовых видах рыб из водоемов южного Приморья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2007. 16 с.

Марченко А.А., Христофорова Н.К. Видовые различия в содержании тя-

желых металлов в массовых видах рыб из водоемов южного Приморья // Матер. науч. конф. «Современное состояние водных биоресурсов». Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. С. 591–595.

Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1987. 273 с.

СанПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М.: Госкомэпиднадзор России, 2002. 156 с.

Симоконь М.В. Тяжелые металлы в промысловых рыбах залива Петра Великого в связи с условиями обитания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2003. 22 с.

Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Медков М.А. Микроэлементный состав некоторых видов родов *Lespedeza*, *Caragana* (Fabaceae) и *Patrinia* (Valerianaceae) флоры Дальнего Востока. // Раст. ресурсы. 2009. № 3. С. 102–110.

Стеблевская Н.И., Чусовитина С.В., Полякова Н.П., Жадько Е.А. Изучение элементного состава тканей и органов некоторых видов промысловых рыб бухты Северная залива Петра Великого (Японское море) // Вопр. рыболовства. 2016. Т. 17. № 1. С. 96–102.

Черкашин С.А. Биотестирование на ракообразных качества вод Амурского залива Японского моря // Матер. Междунар. симп. «Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии». М.: ГЕОС, 2016. 434 с.

Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. 483 с.

Шулькин В.М. Железо, марганец, цинк и медь в процессах осадкообразования в приустьевых зонах Японского моря: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М.: ИО АН СССР, 1985. 25 с.

DISTRIBUTION OF SOME MACRO- AND MICROELEMENTS IN THE ORGANS AND TISSUE OF GREENLING *PLEUROGRAMMUS AZONUS* AND FLOUNDER *HIPPOGLOSSOIDES DUBIUS* (AMUR BAY, JAPAN SEA)

© 2019 y. S.V. Tchusovitina¹, N.I. Steblevskaya^{1,2}, N.V. Polyakova², E. A. Zhad'ko¹

¹*Far Eastern state Technical Fisheries University, Vladivostok, 690087*

²*Institute of Chemistry Far-East Branch of RAS, Vladivostok, 690022*

The contents of some elements in muscular and bone tissue, gills, reproductive gland, liver and skin of Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* and southern halibut flounder *Hippoglossoides dubius* caught in Amur Bay (Peter the Great Bay, Japan Sea) were studied. Characteristic features of this element distribution in organs and tissue are shown. Higher accumulation of some elements by bottom-dwelling species — southern halibut which consumes crustaceans, bivalves and polychaetes was found. The content of toxic elements — lead, cadmium, arsenic and mercury in the organs and tissue of the studied species caught in Amur Bay does not exceed the maximum permissible concentration.

Keywords: arabesque greenling *Pleurogrammus azonus*, southern halibut flounder *Hippoglossoides dubius*, element composition, heavy metals, Peter the Great Bay, Japan Sea.