УДК 504.423.054 (261.24+268.4) + 574.632: 632.95

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТОКСИКАНТАМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ И СРЕДЫ ИХ ОБИТАНИЯ В ЮЖНОЙ БАЛТИКЕ И ЗАЛИВАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В 2010–2016 ГОДЫ

В.В. Шендерюк, Л.П. Бахолдина,
О.Л. Дубова, А.А. Морозов, С.О. Саядов

ФГБНУ «АтлантНИРО», г. Калининград
vvs@ae03.ru, lpb72@yandex.ru, ilc-atlantniro@mail.ru

Шендерюк В.В., Бахолдина Л.П., Дубова О.Л., Морозов А.А., Саядов С.О. Сравнительный анализ загрязнения токсикантами различной природы промысловых рыб и среды их обитания в Южной Балтике и заливах Калининградской области в 2010–2016 годы // Труды АтлантНИРО. 2017. Новая серия. Том 1, № 2. Калининград : АтлантНИРО. С. 21–31.

Цель исследования – получение основных характеристик загрязненности рыб и среды их обитания в Южной Балтике и заливах, их связи с размерно-массовым составом, зависимости от сезонных изменений для создания информационной базы данных, поскольку эффективная охрана водных объектов и их биологических ресурсов от загрязнения основана на полной и адекватной информации о качественном и количественном составе токсикантов и их распределении как в среде обитания, так и в водных организмах. Проведен сравнительный анализ загрязнения среды обитания и рыб Южной Балтики, Куршского и Калининградского (Вислинского) заливов в 2010–2016 гг. по обобщенным данным исследований содержания стойких загрязнителей: хлорорганических пестицидов (ХОП), полихлорированных бифенилов (ПХБ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), микро-и макроэлементов и нефтепродуктов. Были исследованы поверхностные воды и донные отложения Южной Балтики, Куршского и Калининградского заливов, а также основные промысловые виды рыб Балтийского моря – камбала *Platichthys flesus*, шпрот балтийский *Sprattus sprattus balticus*, треска *Gadus morhua*, сельдь балтийская *Clupea harengus membras* и промысловые виды рыб заливов – плотва *Rutilus rutilus*, лещ *Abramis brama*, судак *Stizostedion lucioperca* и чехонь *Pelecus cultratus*. Показано, что содержание многих изучаемых загрязнителей превышает нормативы, установленные для водоемов рыбохозяйственного назначения (например, хлорорганические пестициды и железо). В целом промысловые рыбы Балтийского региона по показателям безопасности не превышают ПДК загрязнителей, нормируемых в настоящее время в Российской Федерации.

Ключевые слова: промысловые рыбы Балтики и заливов, мониторинг, объекты окружающей среды, хлорорганические пестициды (ХОП), полихлорированные бифенилы (ПХБ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), бенз(а)пирен, микро- и макроэлементы, алифатические углеводороды

Shenderyuk V.V., Bakholdina L.P., Dubova O.L., Morozov A.A., Sayadov S.O. Comparative analysis of contamination of commercial fishes and their habitats in the South Baltic and the lagoons of the Kaliningrad region by various nature toxicants in 2010–2016 // Trudy AtlantNIRO. 2017. New series. Vol. 1, № 2. Kaliningrad : AtlantNIRO. P. 21–31.

The aim of the study is to obtain the main characteristics of contamination of fishes and their habitats in the South Baltic and the lagoons, their relation to the length-mass composition, dependence on seasonal changes to create an information database, as the effective protection of

water bodies and their biological resources against contamination is based on complete and adequate information on the qualitative and quantitative composition of toxicants and their distribution both in their habitat and in aquatic organisms. The comparative analysis of contamination of the habitat and fishes of the South Baltic, the Curonian Lagoon, Kaliningrad (Vistula) Lagoon based on the generalized data on persistent contaminants: organochlorine pesticides (OCP), polychlorinated biphenyls (PCBs), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), micro- and macroelements and petroleum products was carried out in 2010–2016. Objects for study were the surface water and bottom sediments of the South Baltic, the Curonian and Vistula Lagoons, and also the main commercial fish species of the Baltic Sea – flounder *Platichthys flesus*, Baltic sprat *Sprattus sprattus balticus*, cod *Gadus morhua*, Baltic herring *Clupea harengus mem*bras, and commercial fish species of the lagoons – roach *Rutilus rutilus*, bream *Abramis brama*, a pike-perch *Stizostedion lucioperca* and sichel *Pelecus culturas*. It is shown that the content of many contaminants under the study exceeds the standards established for reservoirs of the fisheries purpose (for example, organochlorine pesticides and iron). In general, safety indicators of the Baltic region commercial fishes do not exceed the maximum allowable concentration of contaminants currently standardized in the Russian Federation.

Key words: commercial fishes of the Baltic Sea and the lagoons, monitoring, natural environments, organochlorine pesticides (HOP), polychlorinated biphenyls (PHB), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), benz(a)pyrene, micro- and macroelements, aliphatic hydrocarbons

Введение

Основой экологического мониторинга водных биологических ресурсов (ВБР) является система регулярных наблюдений за объектами окружающей среды, позволяющих оценить влияние антропогенного воздействия, выделить изменения в их состоянии, качестве и безопасности. Результатом таких работ служат возможности прогноза экологического состояния среды обитания человека, биологических объектов и выработки рекомендаций по сохранению окружающей среды. Исследования загрязнения как среды обитания, так и ВБР и продукции из них проводятся в «АтлантНИРО» на протяжении многих лет и направлены на создание банка данных по содержанию в сырье и продукции антропогенных загрязнителей [Стрыгина и др., 2012, 2013]. Результаты этих исследований, выполненных в рамках государственных заказов и осуществляемых совместно с институтами отрасли, публикуются достаточно полно [Шендерюк и др., 2007, 2012, 2013; Родюк и др., 2008; Саядов и др., 2009; Бахолдина и др., 2010; Дубова и др., 2016].

Оценка полученных результатов показала необходимость проведения постоянного контроля, что легло в основу Приказа Федерального агентства по рыболовству от 11 ноября 2009 г. № 1020 «Об утверждении инструкции о передаче данных государственного мониторинга водных биологических ресурсов подведомственными Федеральному агентству по рыболовству научно-исследовательскими организациями и федеральными государственными учреждениями – бассейновыми управлениями по сохранению, воспроизводству водных биоресурсов и организации рыболовства в Федеральное агентство по рыболовству и его территориальные органы».

Актуальность проблемы загрязнения для Балтийского региона в полной мере связана с усиливающимся антропогенным воздействием на водную экосистему, в котором основными источниками загрязнения являются сточные воды, атмосферные осадки, развитое судоходство и различные техногенные аварии. Поскольку Балтийское море является большим региональным морем, как следствие, – с бытовыми и промышленными сбросами ежегодно получает значительное количество загрязняющих веществ. Они включают тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды, фталаты, соединения серы, азота, фосфора, диоксины и диоксиноподобные полихлорированные бифенилы, поверхностно-активные вещества и другие токсичные соединения. Так, например, показано,

что ежегодное поступление ртути оценивается величинами порядка 30–35 т, свинца – до 2400–3000 т, цинка – 6000 т и т.д. [Rheinheimer, 1998].

Основным накопителем этих соединений является фитопланктон, который связывает огромное количество взвешенных веществ и растворимых загрязнителей. Образуя пелетные массы, они оседают на дно, что приводит к снижению их концентрации в воде и одновременно к вторичному источнику загрязнения ВБР. Накопление металлов в биоте Балтийского моря изменяется в широких пределах, достигая максимальных значений в прибрежных районах. Концентрация меди, например, колеблется от 0,5 до 5,4 мкг/л, а кадмия – 0,03 до 0,20 мкг/л [Тихомирова, Морозов, 1975; Schmidt, 1976].

В различных компонентах балтийской экосистемы накапливаются полихлорированные бифенилы, хлорорганические пестициды, диоксины и полиароматические углеводороды. Так, в открытой части Балтийского моря содержание ДДТ в морской воде, по данным ряда исследователей [Майстренко, Хамитов, 1996], составляет в среднем 0,3–0,9 нг/л, а ПХБ – от 10 до 145 нг/л. Содержание полиароматических углеводородов колеблется в водах Балтики в широких пределах (от 0,003 до 0,900 мкг/л), и максимальные величины обнаруживаются в водах Борнхольмской впадины. Выявлены и сезонные колебания в количественном содержании ПАУ в воде. Особенно высокие уровни содержания ПАУ наблюдаются в летний период. Накопление ПАУ, и в том числе бенз(а)пирена наблюдается и в донных отложениях. Общее содержание колеблется от 11 до 400 мкг/кг сухой массы [Osterroht, 1972]. Отмечаются и накопления ПАУ (бенз(а)пирена) в бентосе.

При этом многим группам токсикантов свойственно накапливаться в жировых тканях, поэтому наиболее опасны в этом отношении жирные виды рыб. Спецификой исследуемого бассейна является малый водообмен, который приводит к тому, что при попадании загрязнителей они легко распространяются в пределах акватории во всех направлениях и способны длительное время участвовать в биологических круговоротах и циклах экосистем.

Цель данной работы – сравнительная характеристика состояния объектов окружающей среды и промысловых рыб Южной Балтики, Куршского и Калининградского (Вислинского) заливов в 2010–2016 гг.

Материалы и методы

Исследования были проведены на образцах донных отложений, поверхностных вод и основных промысловых видов рыб Балтийского моря и прилегающих заливов. Отбор проб осуществлялся на станциях (рис. 1) в соответствии с требованиями нормативных документов [ГОСТ 31861,2012; ГОСТ 17.1.5.01, 80].

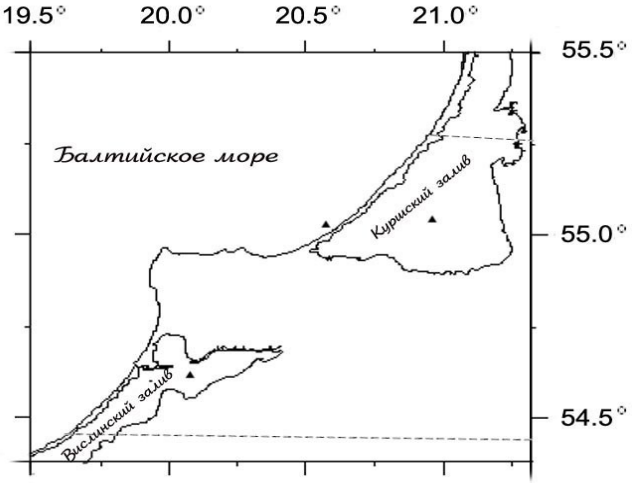

Рис. 1. Точки отбора проб воды и донных осадков в Балтийском море, Куршском и Калининградском (Вислинском) заливах
Fig. 1. Points of sampling of water and ground sediments in the Baltic Sea, the Curonian and Kaliningrad (Vistula) Lagoons

Пробы до анализа хранились в условиях, исключающих любое загрязнение емкостей для отбора проб и предотвращающих любое изменение в составе проб. При отборе проб

рыб в выборку включали от 3 до 5 экз. Объединенная проба составляла не менее 2 кг. Исследования проводили на туловищных мышцах.

Определение загрязнителей проводили в соответствии со стандартизованными аналитическими методами исследования (атомно-абсорбционной спектрометрии, газо-жидкостной хроматографии, высокоэффективной жидкостной хроматографии, флюориметрии) с применением современного аналитического оборудования [ПНД Ф 14.1:2: 3:4.204, 2014; ПНД Ф 14.1:2:4.70, 2012; ПНД Ф 14.1:2:4.128, 2012; ПНД Ф 14.1:2:4.136, 1998; ПНД Ф 14.1:2:4.137, 2009; ПНД Ф 14.1:2:4.138, 2010; ПНД Ф 14.1:2:4.139, 2010; ПНД Ф 14.1:2:4.140, 2013; МВИ МН 2352, 2005; ГОСТ 30178, 96; ГОСТ 31707, 2012 (EN 14627, 2005); МУК 4.1.1472, 2003].

Из перечня ПАУ определяли содержание следующих индивидуальных соединений: нафталин, пирен, аценафтилен, бенз(а)антрацен, аценафтен, хризен, флуорен, бензо(k)флуорантен, бензо(b)флуорантен, фенантрен, бенз(а)пирен, антрацен, бензо(g,h,i)перилен, флуорантен.

Из хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов исследовали содержание α-ГХЦГ, β-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, 4,4’-DDD, 4,4’-DDT, 4,4’-DDE и 2,4,4’-трихлорбифенил, номер 28 по номенклатуре IUPAC; 2,2,5,5’– тетрахлорбифенил, номер 52; 2,2,4,5,5’ – пентахлорбифенил, номер 101; 2,3,3,4,4’ – пентахлорбифенил, номер 105; 2,3,3,4,4,5’ – пентахлорбифенил, номер 118; 2,2,3,4,4,5’ – гексахлорбифенил, номер 138; 2,2,4,4,5,5’ – гексахлорбифенил, номер 153; 2,3,3,4,4,5’ – гексахлорбифенил, номер 156 и 2,2,3,4,4,5,5’ – гептахлорбифенил, номер 180.

Результаты и обсуждение

Основной отличительной чертой соединений хлорорганических пестицидов группы (ХОП) ГХЦГ и ДДТ и метаболитов этих групп является их стойкость и способность к накоплению по пищевой цепи. Поэтому контроль за их содержанием как в объектах окружающей среды, так и в ВБР является актуальной задачей экологического мониторинга.

Содержание суммы ХОП в водной среде Балтийского моря и заливов изменялось в 2010–2016 гг. в 2,0–2,2 раза (рис. 2). Минимальное значение по содержанию суммы пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ и метаболитов наблюдалось в воде Куршского залива в 2012 г. и составляло 10 нг/дм^3, а максимальное – 22 нг/дм^3 в воде Калининградского залива в 2013–2014 гг. В образцах воды Балтийского моря на протяжении нескольких лет отмечалось изменение содержания данной группы загрязнителей от 15 до 20 нг/дм^3.

В соответствии с действующими нормативами содержание хлорсодержащих пестицидов групп ГХЦГ, ДДТ и метаболитов в рыбохозяйственных водоемах не допускается [Приказ, 2010]. ПДК в воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет для группы ГХЦГ 0,02 мг/дм^3, а для суммы ДДТ и метаболитов – 0,002 мг/дм^3 [ГН 2.1.5.689, 1998]. Таким образом, поскольку исследуемые водоемы относятся к объектам рыбохозяйственного значения, наличие в них ХОП не соответствует установленным нормам и вызывает необходимость контроля за этими загрязнителями в водах Балтийского моря и заливов.

По уровню среднегодичного содержания конгенеров ПХБ наблюдается увеличение их содержания с 2012 до 2016 гг. в образцах вод Калининградского залива до 770 нг/дм^3 (рис. 2). В воде Куршского залива максимальное значение ПХБ в 2013 г. составило 600 нг/дм^3, а в последние три года происходило снижение содержания этой группы веществ почти в 2,5 раза. В исследованных образцах воды Балтийского моря колебания по содержанию ПХБ происходили в диапазоне от 200 до 450 нг/дм^3 с максимальным уровнем также в 2013 г. Известно, что в воду ПХБ попадают как со сточными водами, так и из сбросов с судов и накапливаются в иловых донных отложениях. Высокое содержание ПХБ выявлено в донных отложениях как из Балтийского моря (до 0,5 мкг/кг сухого веса), так и из прилегающих заливов (до 2,0 мкг/кг).

Было также изучено суммарное содержание 15 индивидуальных полициклических ароматических углеводородов в воде Балтийского моря и заливов (рис. 3). Отличительной особенностью этой группы загрязнителей является наличие в молекуле двух и более бензольных колец. В окружающую среду эти соединения поступают как продукты неполного сгора-

ния органического топлива и побочные продукты органического синтеза. В исследованной воде идентифицированы такие углеводороды, как нафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(k)флюорантен, бенз(g,h,i)перилен, в том числе бенз(а)пирен как наиболее токсичный представитель данной группы загрязнителей.

В воде Балтийского моря колебания величин содержания ПАУ были незначительны – от 50 до 70 нг/дм^3, в воде Куршского залива – от 50 до 300 нг/дм^3 и в воде Калининградского залива – от 80 до 160 нг/дм^3. При этом наибольшее содержание данной группы загрязнителей было отмечено в 2011 г., а для Куршского залива дополнительно и в 2015 г. Наличие в водной среде относительно высоких количеств этой группы веществ, довольно плохо растворимых в ней, в полной мере определяется их способностью к сорбции в донных осадках. Среди 15 идентифицированных ПАУ наиболее токсичным соединением является бенз(а)пирен, который обнаруживается и нормируется и в пищевых продуктах. Доля бенз(а)пирена в исследованных образцах рыб Балтийского моря и заливов составляет от 10 до 20% общего содержания ПАУ. Поскольку бенз(а)пирен считается признанным индикатором присутствия в воде других ПАУ, следует в обязательном порядке включать его в перечень определяемых компонентов водных объектов рыбохозяйственного назначения как для контроля за окружающей средой, так и для оценки состояния водных биологических ресурсов, способных к накоплению этой группы соединений по пищевой цепи.

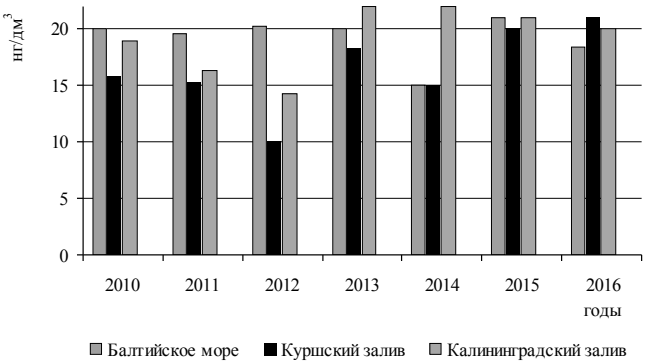

Рис. 2. Среднегодовое суммарное содержание хлорорганических соединений (группа ГХЦГ, ДДТ) в воде, 2010–2016 гг., нг/дм^3
Fig.2. Average-annual total chlor-organic compounds (HCCH group, DDT) in the water, 2010–2016, ng/dm^3

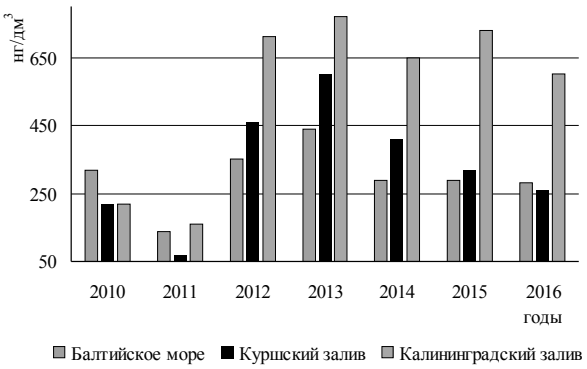

Рис. 3. Среднегодовое суммарное содержание полихлорированных бифенилов в воде, 2010–2016 гг., нг/дм^3
Fig.3. Average annual total polychlorinated biphenyls in the water, 2010–2016, ng/dm^3

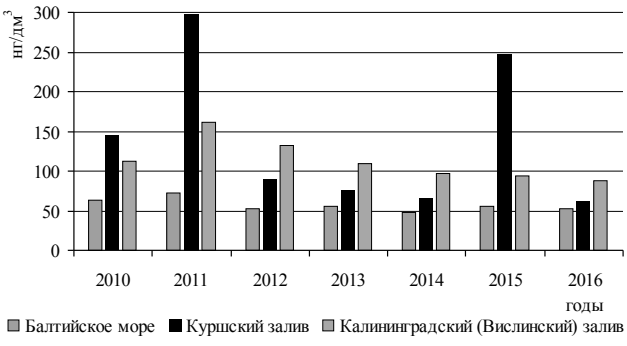

Рис. 4. Среднегодовое суммарное содержание полициклических ароматических углеводородов в воде, 2010–2016 гг., нг/дм^3
Fig.4. Average annual total polycyclic aromatic hydrocarbons in the water, 2010–2016, ng/dm^3

Диапазон разброса среднегодовых величин содержания алифатических углеводородов и неорганических веществ довольно широк (табл. 1).

Таблица 1

Диапазон концентраций загрязняющих веществ в воде Балтийского моря, Куршского и Калининградского (Вислинского) заливов в 2010–2016 гг.
The contaminating substances concentration range in the Baltic Sea, the Curonian and Kaliningrad (Vistula) Lagoons water in 2010–2016

Наименование показателя	Диапазон концентраций, мг/дм^3			ПДК мг/дм^3
	Балтийское море	Куршский залив	Вислинский залив	
Алифатические углеводороды C_1-C_{40}	0,01–0,04	0,005–0,007	0,009–0,01	0,05
Натрий	1800–2100	7–26	340–1810	120
Калий	90–130	4–11	24–73	50
Кальций	50–100	50–60	70–90	180
Магний	140–230	15–55	100–150	40
Железо	0,30–0,50	0,10–0,15	0,20–0,40	0,10*

* для морей и их отдельных частей.

Преобладающим элементом в водах Балтийского моря является натрий, при этом воды Балтики характеризуются традиционным содержанием металлов от натрия до кальция. Следовательно, для Балтики соблюдается правило У. Дитмара ($Na^+ > Mg^{+2} > Ca^{+2}$) [Алекин, Ляхин, 1984]. Аналогичное распределение металлов отмечается и в Калининградском заливе, а в водах Куршского залива отмечается преобладание кальция и магния над натрием, что приближает их к водам материкового стока. Это связано с расположением Куршского залива, который отделен от Балтийского моря Куршской косой с песчаными дюнами. Следствием этого и является значительное опреснение воды за счет вод многочисленных рек. Поэтому для всех исследованных элементов отмечаются значительные колебания в их содержании.

Следует особо отметить, что действующие ПДК (табл. 1) превышены практически для всех исследованных элементов в водах Балтийского моря и Калининградского залива [Приказ, 2010]. В то же время доля ряда элементов в Куршском заливе много ниже ПДК. Исключение составляет содержание магния и железа.

Величины содержания алифатических углеводородов, которые относятся к группе наиболее распространенных и опасных для окружающей среды загрязняющих веществ, в исследованных образцах воды Балтийского моря и прилегающих заливов находятся в диапазоне 0,005–0,04 мг/дм^3. Источником поступления данной группы веществ могут быть сточные воды нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, аварии на судах и хозяйственно-бытовые воды. Протекание различных процессов, таких как биохимическое окисление и сорбция, может существенно влиять на содержание углеводородов и приводить к значительным колебаниям в широких пределах – от тысячных до десятых долей мг/дм^3. Весьма низкое содержание алифатических углеводородов отмечается в водах Куршского залива (0,005–0,007 мг/дм^3), а значительное и приближающееся к действующим значениям ПДК (0,05 мг/дм^3) – в образцах воды Балтийского моря (0,01–0,04 мг/дм^3). Учитывая неблагоприятное воздействие алифатических углеводородов на состояние водоемов, в рамках экологического мониторинга следует вести постоянный контроль за уровнем их содержания.

Составной частью проводимого мониторинга является контроль за содержанием загрязнителей в промысловых рыбах. В Балтийском море и заливах в 2010–2016 гг. их исследовали по таким показателям, как хлорорганические пестициды (α-, β-, γ-ГХЦГ и ДДТ и метаболиты), полихлорированные бифенилы и микро- и макроэлементы (рис. 5–13).

Максимальное значение пестицидов группы α-, β-, γ-гексахлорциклогексана отмечено для сельди в 2011 г. (9 мкг/кг) со снижением в последующие годы до 6 мкг/кг, а за последние три года – в мышечной ткани камбалы. Вероятно, причина – в экологии питания и среде обитания камбалы как придонной рыбы: накопление происходит по пищевой цепи, т.е. не только из воды, но и из донных отложений.

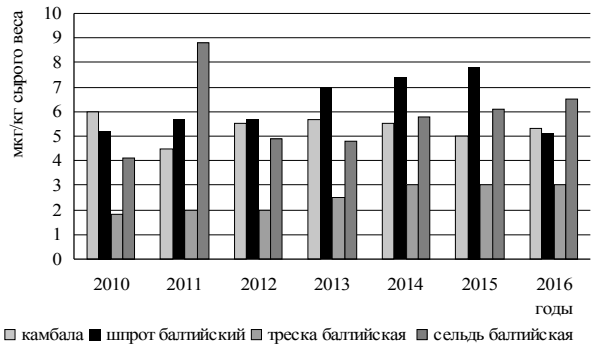

Рис. 5. Среднегодовое суммарное содержание изомеров ГХЦГ в образцах ВБР Балтийского моря в 2010–2016 гг., мкг/кг

Fig.5. Average annual total HCCH isomers content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Baltic Sea in 2010–2016, mcg/kg

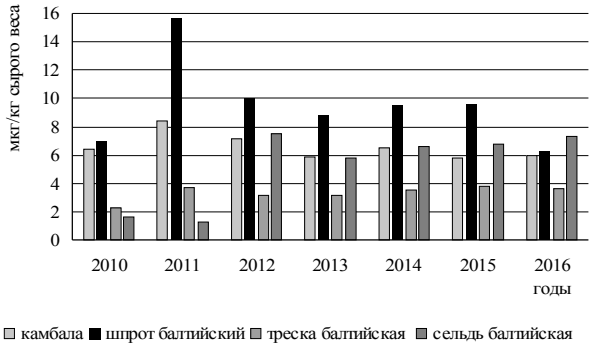

Рис. 6. Среднегодовое суммарное содержание ДДТ и метаболитов в образцах ВБР Балтийского моря в 2010–2016 гг., мкг/кг

Fig.6. Average annual total DDT and metabolites content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Baltic Sea in 2010–2016, mcg/kg

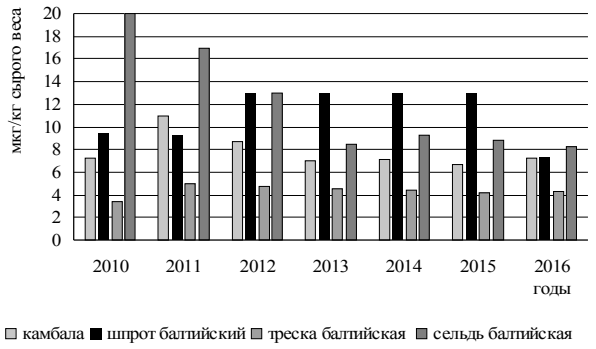

Рис. 7. Среднегодовое суммарное содержание ПХБ в образцах ВБР Балтийского моря в 2010–2016 гг., мкг/кг

Fig.7. Average annual total PCB content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Baltic Sea in 2010–2016, mcg/kg

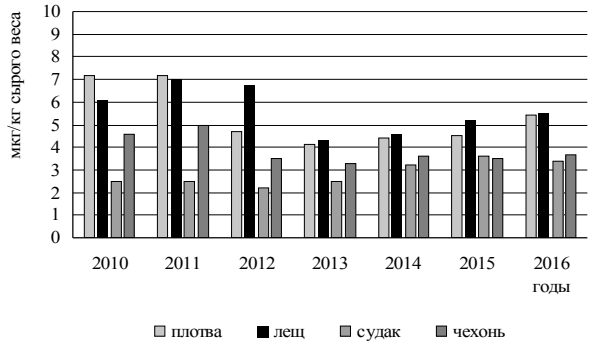

Рис. 8. Среднегодовое суммарное содержание изомеров ГХЦГ в образцах ВБР Куршского залива в 2010–2016 гг., мкг/кг

Fig.8. Average annual total HCCH isomers content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Curonian Lagoon in 2010–2016, mcg/kg

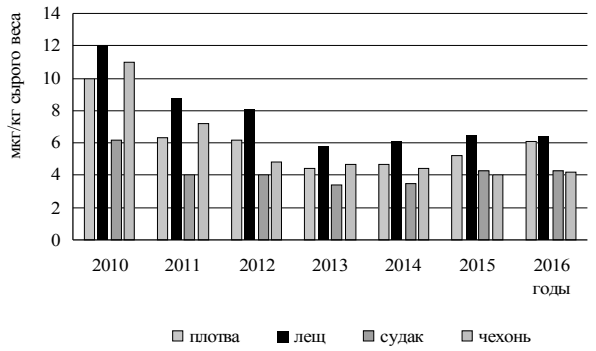

Рис. 9. Среднегодовое суммарное содержание ДДТ и метаболитов в образцах ВБР Куршского залива в 2010–2016 гг., мкг/кг

Fig.9. Average annual total DDT and metabolites content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Curonian Lagoon in 2010–2016, mcg/kg

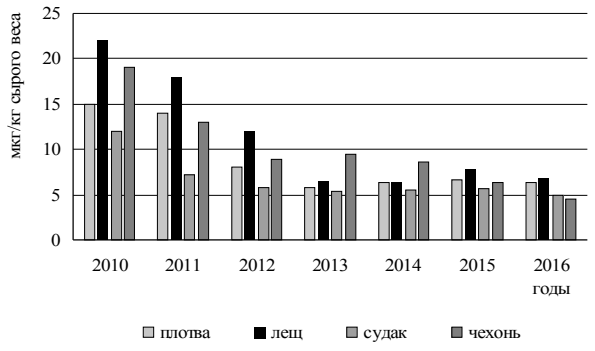

Рис. 10. Среднегодовое суммарное содержание ПХБ в образцах ВБР Куршского залива в 2010–2016 гг., мкг/кг

Fig.10. Average annual total PCB content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Curonian Lagoon in 2010–2016, mcg/kg

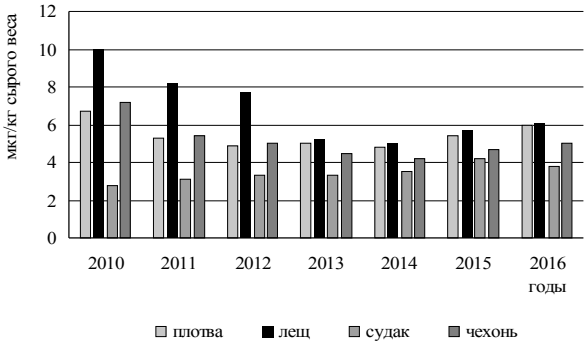

Рис. 11. Среднегодовое суммарное содержание изомеров ГХЦГ в образцах ВБР Калининградского (Вислинского) залива в 2010–2016 гг., мкг/кг
Fig.11. Average annual total HCCH isomers content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Kaliningrad (Vistula) Lagoon in 2010–2016, mcg/kg

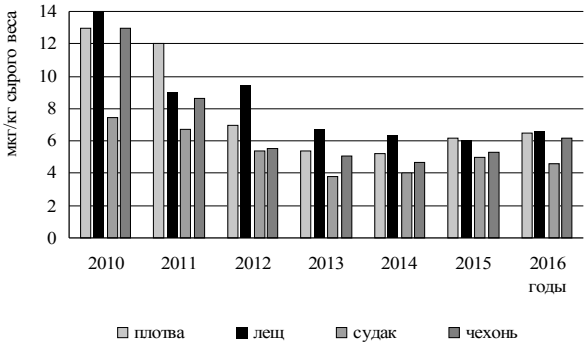

Рис. 12. Среднегодовое суммарное содержание ДДТ и метаболитов в образцах ВБР Калининградского (Вислинского) залива в 2010–2016 гг., мкг/кг
Fig.12. Average annual total DDT and metabolites content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Kaliningrad (Vistula) Lagoon in 2010–2016, mcg/kg

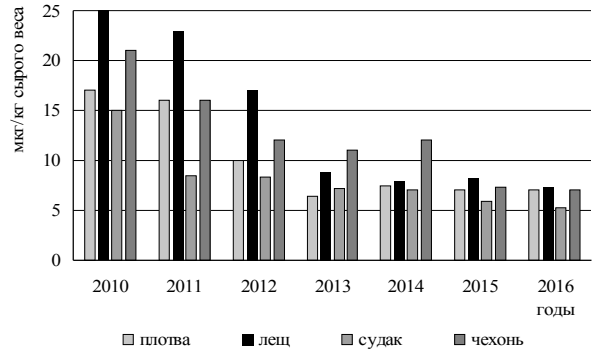

Рис. 13. Среднегодовое суммарное содержание ПХБ в образцах ВБР Калининградского (Вислинского) залива в 2010–2016 гг., мкг/кг
Fig.13. Average annual total PCB content in the samples taken from the aquatic biological resources of the Kaliningrad (Vistula) Lagoon in 2010–2016, mcg/kg

В заливной рыбе отмечено высокое содержание изомеров ГХЦГ для леща Калининградского залива, плотвы и леща Куршского залива. В период исследований в целом наблюдается тенденция к снижению содержания данной группы токсикантов. Полученные данные не превышает действующие ПДК: для морской рыбы – 200 мкг/кг, а для пресноводных рыб – 30 мкг/кг [СанПиН 2.3.2.1078, 2001].

Содержание пестицидов группы ДДТ несколько выше и составляет 16 мкг/кг в морской рыбе и 14 мкг/кг – в заливной. По-видимому, происходит трансформация некоторых конгенеров ПХБ в метаболиты ДДТ. По сумме ПХБ в рыбах Балтийского моря лидируют сельдь и камбала на протяжении всего периода наблюдений. Концентрация в мышечной ткани достигает 20 мкг/кг. В Куршском заливе наблюдается снижение суммы ПХБ в 2012–2016 гг. до 6 мкг/кг. Рыбы Калининградского залива более загрязнены, что соответствует и данным по загрязненности воды данного залива вследствие попадания сточных вод промышленных предприятий.

Среди загрязняющих веществ чрезвычайно опасными для рыб и других ВБР являются тяжелые металлы, в первую очередь халькофильные элементы (ртуть, кадмий, свинец, мышьяк), способные мигрировать в водной среде на значительные расстояния благодаря своим внутренним и внешним геохимическим особенностям, например активной способности образовывать металлоорганические комплексы. Наряду с определением уровня стойких органических токсикантов, были проведены и исследования по содержанию токсичных элементов в образцах рыб, выловленных в водах Балтийского моря и прилегающих заливов.

Практически во всех образцах преобладающим токсичным элементом является свинец, содержание которого варьируется от 0,06 до 0,41 мг/кг. Содержание токсичных элементов не превышает действующих нормативов, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01. Однако следует отметить, что если в нормативах РФ уровень содержания свинца в рыбе и рыбопро-

дуктах составляет 1–2 мг/кг в зависимости от вида рыбы, то в Регламенте ЕС № 1881/2006 норма для содержания свинца в филе рыбы, т.е. в съедобной части рыбы, составляет 0,3 мг/кг сырой массы.

Таким образом, загрязненность промысловых рыб токсичными элементами в соответствии с законодательством ЕС весьма значительна. Следовательно, возникает необходимость постоянного контроля за содержанием токсичных элементов в ВБР Балтийского моря и заливов. Диапазон значений содержания в 2010–2016 гг. для кадмия составляет 0,01–0,06 мг/кг, мышьяка – 0,01–0,17 мг/кг и ртути – 0,01–0,10 мг/кг. По способности ВБР к аккумуляции металлов их можно расположить в следующем порядке: морская рыба – Zn>Cu>Cr>Sn>Pb>As>Ni>Hg и заливная рыба – Zn>Mn>Cu>Pb>Ni. Неоднородность накопления, вероятно, связана с физиолого-биохимической спецификой самих рыб, с физико-химическими свойствами самих металлов и сезонными изменениями в окружающей среде, а именно увеличением или уменьшением подвижных форм макро- и микроэлементов в гидросфере.

Заключение

Проведен сравнительный анализ водных биологических ресурсов Балтийского моря, Куршского и Калининградского (Вислинского) заливов и среды их обитания по показателям безопасности в 2010–2016 гг. в рамках государственного мониторинга. Показано, что содержание многих изучаемых загрязнителей превышает нормативы, установленные для водоемов рыбохозяйственного назначения (например, хлорорганические пестициды и железо). Промысловые виды рыб Балтийского региона по показателям безопасности не превышают ПДК загрязнителей, нормируемых в настоящее время в Российской Федерации.

Исходя из полученных данных, следует отметить необходимость проведения постоянного мониторинга за состоянием ВБР Балтийского моря и среды их обитания – воды и донных отложений.

Благодарности

Авторы выражают свою признательность за сбор материала сотрудникам лаборатории лиманов, радиоэкологических исследований, а также сектора паразитологии и болезней рыб ФГБНУ «АтлантНИРО». Работа проводилась в рамках государственного мониторинга во внутренних водах Российской Федерации.

Список литературы

Алекин О.А., Ляхин Ю.И. Химия океана, Л.: Гидрометиздат, 1984. 344 с.

Бахолдина Л.П., Чернышева Н.Л. Изучение уровня антропогенного загрязнения объектов промысла Балтийского моря и лиманов // Инновации в науке и образовании – 2010: тез. докл. VIII Междунар. науч. конф. Калининград: КГТУ, 2010. С. 123–129.

ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб.

ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.

ГОСТ 30178-96 Сырье и продукция пищевая. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.

ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектрометрии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением.

Дубова О.Л., Бахолдина Л.П., Шендерюк В.В. Безопасность рыбной продукции в аспекте мониторинга хлорорганических соединений водных биологических ресурсов Балтийского региона // Вестник МГТУ, 2016. Т. 19, вып. 3. С. 613–624.

Майстренко В.Н., Хамитов Р.З. Эколого-аналитический мониторинг суперэкотоксикантов. М.: Химия, 1996. 319 с.

МВИ МН 2352-2005 «Методика одновременного определения остаточных количеств полихлорированных бифенилов и хлорорганических пестицидов в рыбе и рыбной продукции с помощью газожидкостной хроматографии».

МУК 4.1.1472-03 Атомно-абсорбционное определение массовой концентрации ртути в биоматериалах животного и растительного происхождения (пищевых продуктах, кормах и др.).

ПНД Ф 14.1:2: 3:4.204-04 (изд. 2014 г.) «Количественный химический анализ вод. Методика определения хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в питьевых, природных и сточных водах методом газовой хроматографии».

ПНД Ф 14.1:2:4.70-96 (изд. 2012 г.) «Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций полициклических ароматических углеводородов в питьевых, природных и сточных водах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 (изд. 2012 г.) «Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

ПНД Ф 14.1:2:4.136-98 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ртути методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии».

ПНД Ф 14.1:2:4.137-98 (изд. 2009 г.) «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций магния, кальция и стронция в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектрометрии».

ПНД Ф 14.1:2:4.138-98 (изд. 2010 г.) «Методика выполнения измерений массовых концентраций калия, лития, натрия и стронция в пробах питьевых, природных и сточных вод методом ААС с пламенной атомизацией».

ПНД Ф 14.1:2:4.139-98 (изд. 2010 г.) «Методика выполнения измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрометрии».

ПНД Ф 14.1:2:4.140-98 (изд. 2013 г.) «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы, хрома в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией».

Приказ Росрыболовства № 30 от 18.01.2010 г. «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

Родюк Г.Н. [и др.]. Встречаемость язвенного поражения кожи у трески в условиях антропогенного загрязнения юго-восточной части Балтийского моря (26 подрайон ИКЕС) / Родюк Г.Н., Чукалова Н.Н., Чернышева Н.Л. // Матер. IV Междунар. конф. «Современные проблемы гидроэкологии», СПб: ЗИН РАН, 2008. С. 234–236.

СанПиН 2.3.2.1078-01 «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Саядов С.О., Бахолдина Л.П., Чернышева Н.Л. Определение содержания полициклических ароматических углеводородов в гидробионтах Балтийского моря и прилегающих заливов // Матер. VII Междунар. науч. конф. «Инновации в науке и образовании – 2009». Ч. 1. Калининград: КГТУ, 2009. С. 349–351.

Стрыгина О.А. [и др.]. Определение критериев идентификации районов промысла по содержанию загрязнителей различной природы / Стрыгина О.А., Бахолдина Л.П., Дубова О.Л.,

Чернышева Н.Л. // Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2012. Труды X Междунар. науч. конф. (Калининград, 17–19 окт. 2012 г.). Ч. 1. Калининград: КГТУ, 2012. С. 358–360.

Стрыгина О.А. [и др.]. Установление критериев идентификации районов промысла по загрязнению водных биологических ресурсов контаминантами различной природы / Стрыгина О.А., Шендерюк В.В., Дубова О.Л., Бахолдина Л.П., Чернышева Н.Л. // Известия КГТУ, 2013. № 81. С. 44–48.

Тихомирова Л.А., Морозов Н.П. Ртуть, свинец и кадмий в поверхностных водах Балтийского моря // Матер. I Всесоюз. симпозиума по океанографическим аспектам охраны вод от химических загрязнений, М. 1975. С. 150–153.

Шендерюк В.В. [и др.]. Антропогенные загрязнители в объектах промысла Балтийского моря / Шендерюк В.В., Бахолдина Л.П., Чернышева Н.Л., Саядов С.О., Дубова О.Л., Морозов А.А. // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2004–2005 гг. Т. 1. Труды АтлантНИРО. Калининград: АтлантНИРО, 2007. С. 89–95.

Шендерюк В.В., Бахолдина Л.П., Чернышева Н.Л. Полиароматические углеводороды в воде // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. 2. Море. Калининград: Янтарный сказ, 2012. С. 291–304.

Шендерюк В.В. [и др.] Загрязнение среды обитания и водно-биологических ресурсов Балтийского моря и заливов контаминантами различной природы / Шендерюк В.В., Дубова О.Л., Бахолдина Л.П., Чернышева Н.Л. // Матер. IX Междунар. науч.-практич. конф. «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество». (Светлогорск – Калининград, 17–23 сент. 2013 г.). Калининград: АтлантНИРО, 2013. С. 145–150.

Rheinheimer G. Pollution in the Baltic Sea // Naturwissenschaften, 1998. Vol. 85(7). P. 318–329.

Schmidt D. Determination of cadmium, copper and iron in sea water of the western Baltic // ICES C.M.1976/C:S.

Osterroht C. Dissolved PCBs and chlorinated hydrocarbon insecticides in the Baltic // Nature, 1972. № 251. P. 369–371.