

- В мейобентосе доминировали по численности нематоды (35%) и хирономиды (24%), по биомассе – водные клещи (44%) и хирономиды (25%). Выявлены межгодовые и сезонные различия в распределении биомассы и численности мейобентоса в изученной зоне.
- Средняя за сезон продукция мейобентоса – 30 кДж/м² в оз. Кривом и 24 кДж/м² в оз. Старушечьем. Значения Р/В коэффициентов в озерах варьировали от 3.2 до 3.3.
- Беспозвоночные мейобентоса побережья играют важную роль в трофической сети озера. Отдельные группы мейобентоса (нематоды, ракообразные, хирономиды и олигохеты) используются в пищу животными макробентоса (амфиподами, водными насекомыми и рыбами).

Литература

Петухов В. А., Березина Н. А., 2007. Многолетние изменения структурно-функциональных характеристик мейобентоса и макробентоса двух озер Карельского севера. Актуальные вопросы изучения микро-, мейо-зообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов // Международная школа-конференция Борок 2007. Тематические лекции и материалы. Борок. С. 226–230.

Berezina Nadezhda A., Petukhov Vasilij A., 2006. Productivity and trophic relations in shallow littoral zone of Lake Krivoe (Northern Karelia): meiobenthos and macrozoobenthos. Zoological sessions annual reports 2005. St.Petersburg. Vol. 310. P. 15–24.

MEIOBENTHOS OF THE COASTAL ZONE OF TWO LAKES (NORTHERN KARELIA)

V. A. Petukhov

Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
e-mail: vpetukhov@list.ru

The species composition of meiobenthos in the two Karelian lakes is presented. Long-term changes of structural and functional characteristics of the meiobenthos in the coastal zone are discussed. In the Lake Krivoe abundance fluctuated from 1 to 111 thousands ind./m², biomass – from 0.01 to 111 g WW/m², in the Lake Starushech'e – respectively from 25 to 41 ind./m² and from 0.71 to 3.445 g WW/m². Up to 60% of the meiofauna abundance fell to the share of nematodes and biomass – to the share of oligochaetes, arachnids and chironomids. The most frequently occurred nematode species were *Dorylaimus stagnalis*, *Tripyla glomerans*, *Ironus ignavus* and *Plectus tenuis*.

ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ И ПОЛИХЛОРБИФЕНИЛЫ В РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЕЯ

Н.Ф. Плотичина, Т.А. Зимовейскова

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии
им. Н.М. Книповича (ПИНРО), г. Мурманск, Россия
e-mail: nplotits@pinro.ru

Введение

Среди токсикантов глобального распространения выделяется группа хлорированных углеводородов, не имеющих природных аналогов. В эту группу входят хлорорганические пестициды (ХОП) и полихлорбифенилы (ПХБ) – химические вещества, широко применяющиеся в сельском хозяйстве и промышленности. Все они очень устойчивы и в то же время летучи и переходят в атмосферу в виде паров и аэрозолей, а впоследствии выпадают с осадками на поверхность суши, морей и океанов. Многолетнее бесконтрольное использование этих соединений привело к их повсеместному распространению, накоплению в биотических и абиотических компонентах наземных и морских экосистем (Мониторинг фонового загрязнения ..., 1986; Мониторинг фонового загрязнения ..., 1987).

Материал и методика

В данной работе использованы пробы рыб, собранные в различных промысловых районах Баренцева моря в рейсе № 64 НИС «Смоленск» в октябре-декабре 2007 г.

Отбор, подготовка и анализ биологических проб выполнены в соответствии с методическими руководствами ФАО и ИКЕС (ICES Guidelines ..., 1984; Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 2 ..., 1976; Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 3..., 1976).

Хлорорганические пестициды (α -, β -, γ -гексахлорциклогексан, гексахлорбензол, *цис*-, *транс*-хлордан, *транс*-нонахлор, ДДТ и его метаболиты) и полихлорбифенилы (конгинеры с номерами по номенклатуре IUPAC: 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180, 187) определялись методом капиллярной газовой хроматографии на хроматографе «Hewlett-Packard»-5890, Series II (США) с детектором электронного захвата (^{63}Ni) и капиллярной кварцевой колонкой длиной 50 метров. Количественное определение проводилось с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических пестицидов и полихлорбифенилов фирмы «Promochem» (Швеция). Для автоматической обработки результатов анализа применялась программа «ChemStation» фирмы Hewlett-Packard.

Качество аналитических работ оценивалось при регулярных анализах сертифицированных материалов сравнения:

– SRM 2974 (Хлорорганические соединения и ПАУ в тканях мидии)/ NIST, США;

– МА-А-1/ОС (Хлорированные углеводороды в гомогенате копепод)/IAEA, Монако, а также при участии аналитической лаборатории ПИНРО в интеркалибровке вместе с лабораториями норвежских институтов NIVA, Akvaplan-niva и ГУ НПО «Тайфун» Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ (г. Обнинск).

В качестве критериев загрязненности морских рыб были использованы санитарно-эпидемиологические правила и нормативы для продовольственного сырья и пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01) (Гигиенические требования безопасности ..., 2002), норвежское руководство по классификации качества окружающей среды в фиордах и прибрежных водах (Klassifisering av miljøkvalitet ..., 1997), а также фоновые концентрации загрязняющих веществ в объектах морской среды по собственным и литературным данным (Мониторинг фонового загрязнения ..., 1986; Мониторинг фонового загрязнения..., 1987).

Выполнены определения загрязняющих веществ в рыбах Баренцева моря, выловленных в различных промысловых районах: Западный Шпицберген, Зюдкапский желоб, Западный склон Медвежинской банки, Южный склон Медвежинской банки, Район Копытова, Фулей банка, Сёре банка, Нордкинская банка, Норвежский желоб, Финмаркенская банка, Юго-Западный склон Мурманской банки, Северо-Восточный склон Мурманской банки, Северный склон Мурманского мелководья, Северо-Центральный район, Северо-Канинская банка, Западный склон Гусиной банки, Северный склон Канино-Колгуевского мелководья.

Всего проанализировано 65 проб рыб (35 индивидуальных проб мышц и 30 индивидуальных проб печени) по 25 химическим показателям каждая.

Результаты и обсуждение

Распределение персистентных хлорированных углеводородов в морских организмах отличается крайней неоднородностью и тяготением повышенных концентраций к системам депонирования, а также к органам и тканям с высоким содержанием жиров и липидов (Худoley, 1991).

Данные о содержании хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов (ПХБ) в мышцах и печени рыб Баренцева моря представлены на рисунках 1–6.

Остаточные количества гексахлорциклогексана, гексахлорбензола и хлорданов в мышцах исследованных рыб не превышали 5 нг/г сырой массы (максимальное значение отмечено для палтуса синекорого).

Минимальное содержание ДДТ (около 2,5 нг/г сырой массы) обнаружено в мышцах пикши и трески из промыслового района Норвежский желоб, максимально высокое (15,2 нг/г сырой массы) в мышцах палтуса синекорого из района Западный склон Медвежинской банки. Более высокое содержание в мышцах рыб изомера p,p' -ДДЕ по сравнению с другими изомерами свидетельствует о длительном процессе трансформации ДДТ в более стойкие метаболиты.

В мышцах трески (см. рисунок 1), пикши (см. рисунок 2), сайды, камбалы-ерша с низким содержанием жира (0,33–2,80 %) суммарные концентрации полихлорбифенилов не превышали 5 нг/г сырой массы, в то время как в мышцах палтуса синекорого, содержащих до 14 % жира, концентрации полихлорбифенилов составляли 17,9 нг/г сырой массы.

Из пестицидов в мышцах исследованных рыб доминировали ДДТ и его метаболиты, из полихлорбифенилов – тетра-, пента- и гексахлорбифенилы, составляющие более 90 % от общего содержания ПХБ (конгинеры с номерами 52, 118, 138, 153).

Суммарное содержание хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов в мышцах рыб Баренцева моря не превышало допустимые уровни, утвержденные санитарными правилами и нор-

мами для продовольственного сырья и пищевых продуктов (рыба живая, свежая, охлажденная, мороженая) – для пестицидов ГХЦГ и ДДТ по 200 нг/г, для полихлорбифенилов – 2000 нг/г сырой массы (Гигиенические требования безопасности ..., 2002).

Содержание хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов в печени исследованных рыб было значительно выше, чем в мышцах, так как печень является депонирующим органом, где в первую очередь происходит накопление загрязняющих веществ (см. рисунки 3–6).

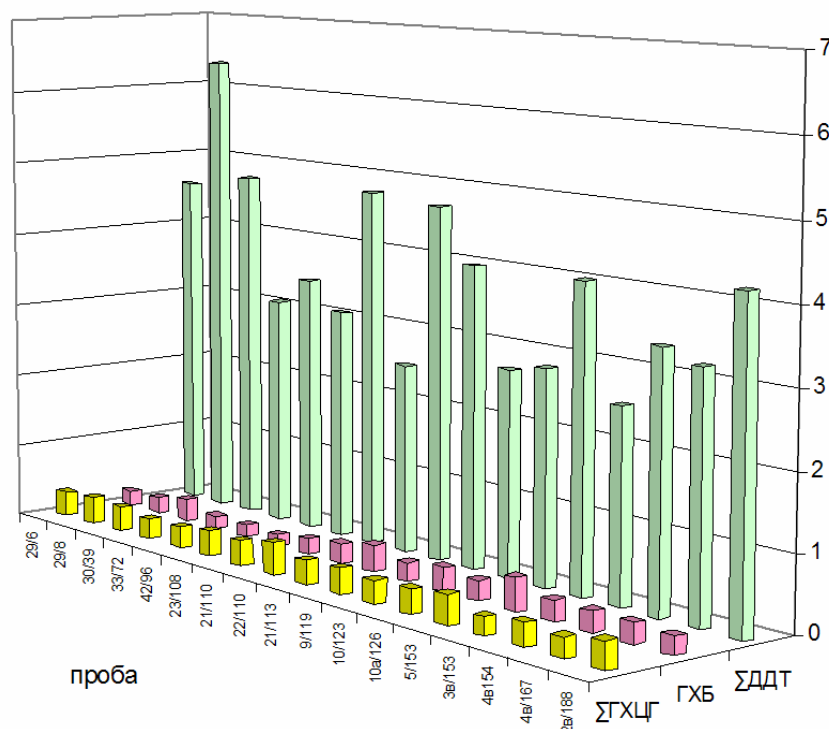


Рис. 1. Содержание хлорорганических пестицидов в мышцах трески Баренцева моря, нг/г сырой массы

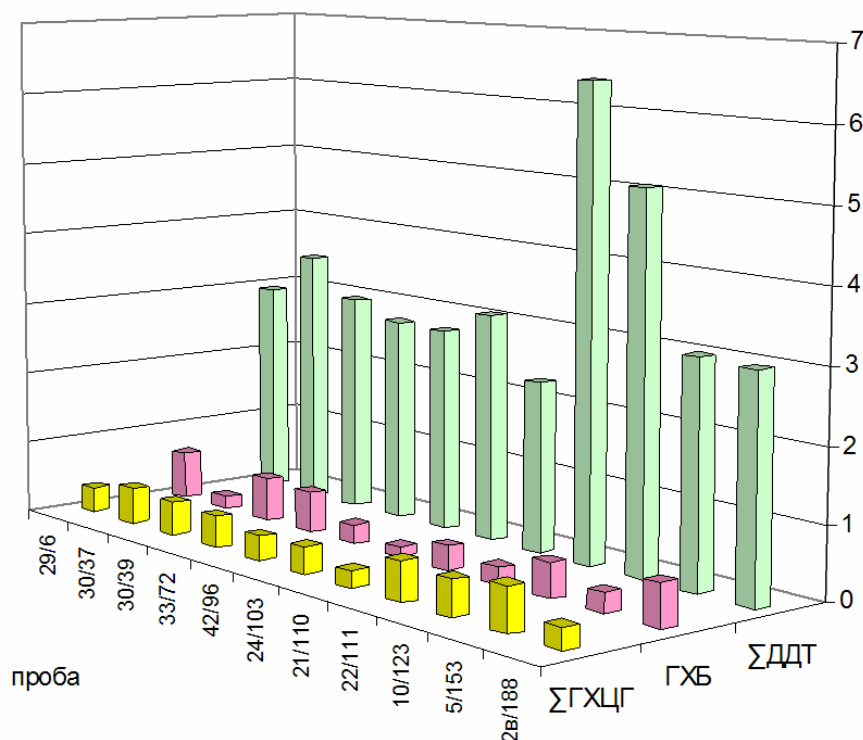


Рис. 2. Содержание хлорорганических пестицидов в мышцах пикши Баренцева моря, нг/г сырой массы

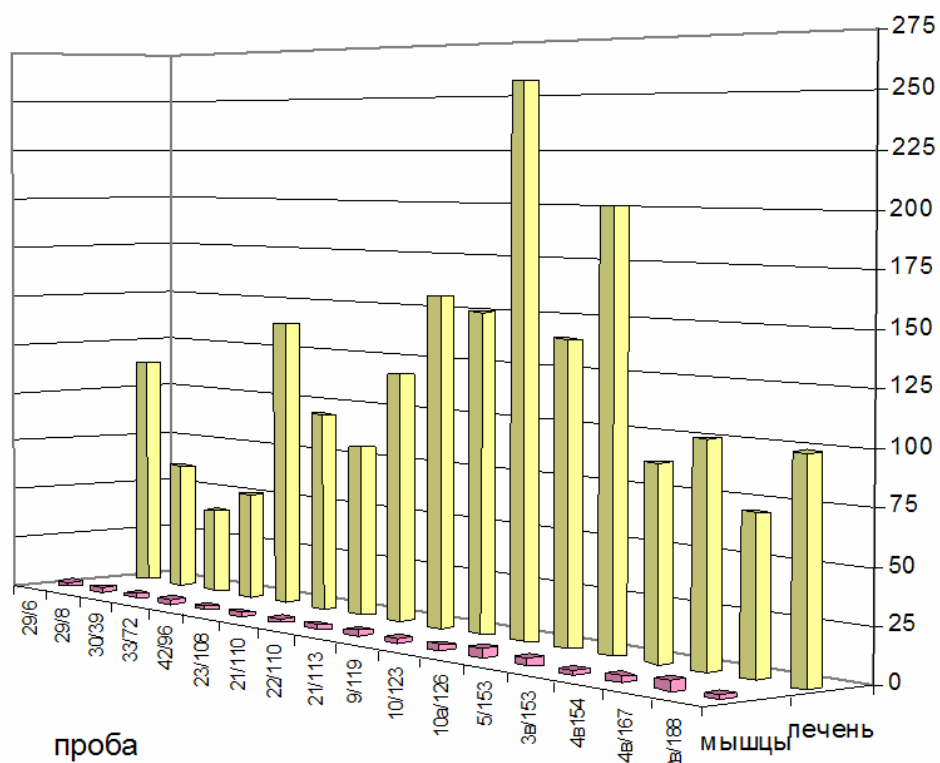


Рис. 3. Содержание ПХБ в треске Баренцева моря, нг/г сырой массы

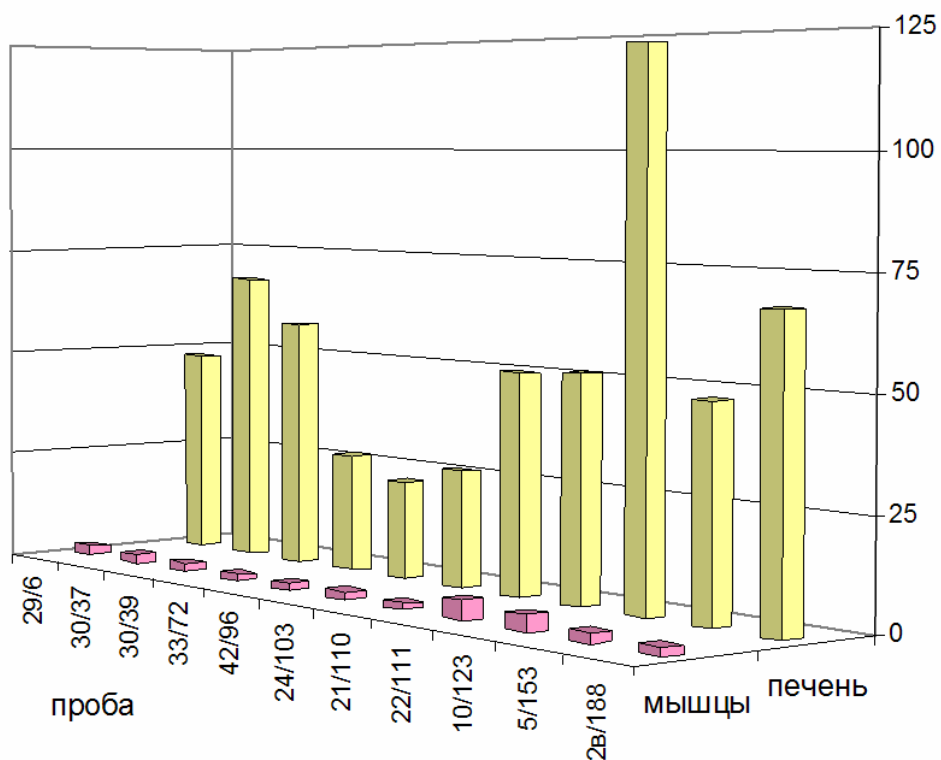


Рис. 4. Содержание ПХБ в пикше Баренцева моря, нг/г сырой массы

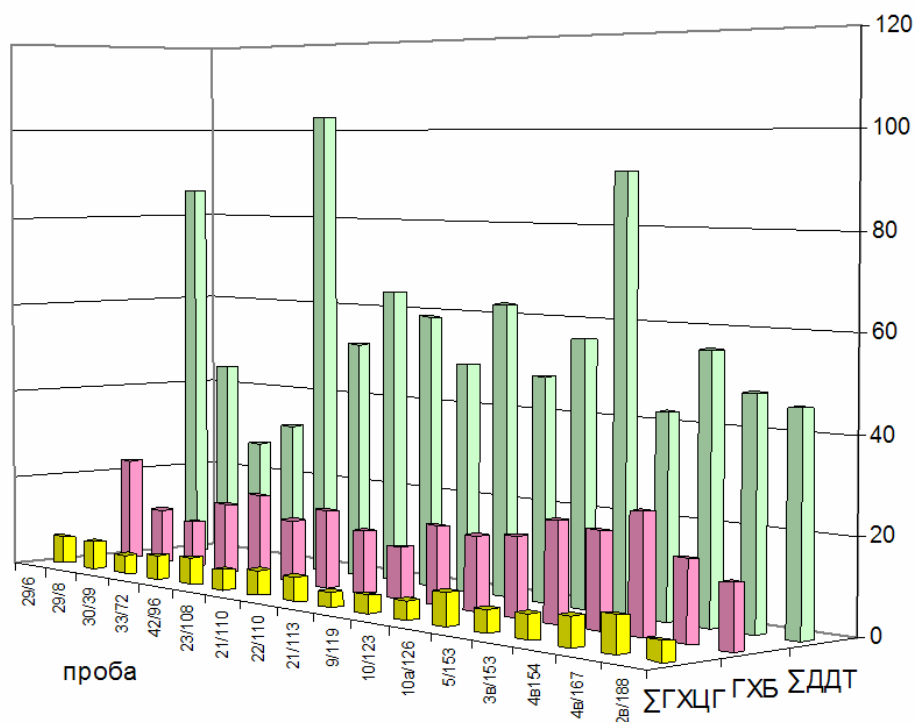


Рис. 5. Содержание хлорорганических пестицидов в печени трески Баренцева моря, нг/г сырой массы

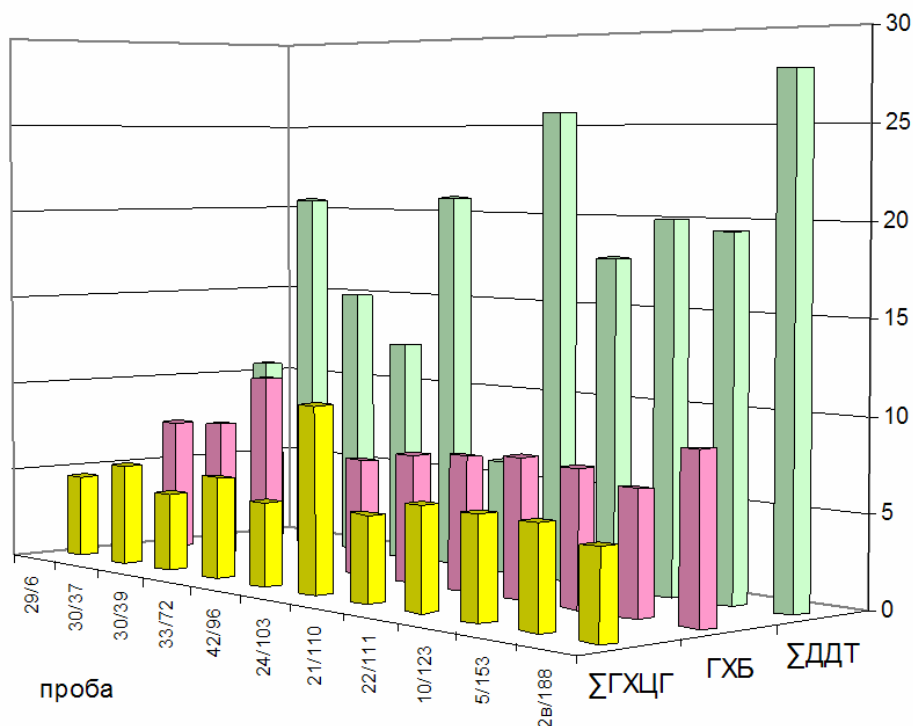


Рис. 6. Содержание хлорорганических пестицидов в печени пикши Баренцева моря, нг/г сырой массы

Тем не менее, суммарные концентрации изомеров гексахлорциклогексана, ДДТ и ПХБ были значительно ниже уровней, установленных санитарными правилами и нормами для печени морских рыб и продуктов из нее: 1000 нг/г, 3000 нг/г и 5000 нг/г сырой массы соответственно (Гигиенические требования безопасности ..., 2002).

Выводы

Полученные результаты хорошо согласуются с ранее опубликованными данными о содержании хлорированных углеводородов в ихтиофауне северных морей (Kelly, Campbell, 1994; Плотицына, Киреева, 1996; Plotitsyna, Kireeva, 1997; Stange, Maage, Klungsoyr, 1997).

Наибольшие концентрации хлорированных углеводородов в печени трески зафиксированы у экземпляров, выловленных в промысловом районе Западный Шпицберген и районе Копытова, пикши – в промысловых районах Северный склон Канино-Колгуевского мелководья, Фулей-банка и Зюйдкапский желоб.

В печени трески и пикши содержание жира варьировало от 40 до 60 %. Четкой зависимости между его содержанием и суммарными концентрациями пестицидов и полихлорбифенилов в печени этих видов рыб не наблюдалось. В печени рыб преобладали ДДТ и его метаболиты, затем следовали изомеры хлордана, гексахлорциклогексана и гексахлорбензол. Соотношение индивидуальных ПХБ в печени исследованных рыб Баренцева моря с преобладанием конгинеров 153, 138, 118 указывает на содержание в морской среде специфических соединений, входящих в состав промышленных смесей полихлорбифенилов типа Aroclor (российские аналоги – совол и совтол).

Полихлорбифенилы обладают теми же токсическими свойствами, что и диоксины, и механизмы их действия на живые организмы идентичны. В объектах окружающей среды стойкие органические загрязнители встречаются в различных сочетаниях и концентрациях, что затрудняет общую оценку их опасности. Для этих целей была разработана международная шкала факторов эквивалентной токсичности (I-TEF), где за эталон токсичности был принят наиболее сильный по своей биологической активности и хорошо изученный 2,3,7,8-тетрахлор-дibenзо-*p*-диоксин (2,3,7,8-ТХДД), фактор эквивалентной токсичности которого принят за 1. Эти факторы представляют собой коэффициенты, при умножении на которые найденная в том или ином образце концентрация конкретного конгинера ПХБ может быть выражена через эквивалент токсичности 2,3,7,8-ТХДД (TEQ или ТЭ). Сложив эти эквиваленты, вычисляют суммарную токсичность пробы в pg TEQ/g ww (в пгТЭ/г сырой массы пробы) (Стойкие органические загрязнители ..., 2002). Например, для конгинеров с номерами 105, 118, 156 и 180, которые обнаружены в исследованных пробах рыб, факторы эквивалентной токсичности составляют 0,0001, 0,0001, 0,0005 и 0,00001 соответственно (Стойкие органические загрязнители ..., 2002). Суммарная токсичность указанных полихлорбифенилов в мышцах рыб, выраженная в единицах токсического эквивалента, варьировала от 0,06 (пикша) до 0,22 (треска) пгТЭ/г сырой массы, а в печени – от 0,24 (палтус) до 9,06 (треска) пгТЭ/г сырой массы. Токсичность диоксиноподобных полихлорбифенилов, обнаруженных в мышцах рыб, была наиболее высокой у пикши, выловленной в промысловом районе Норвежский желоб, трески из района Северо-Восточный склон Мурманской банки, у камбалы-ерша из района Северный склон Мурманского мелководья, у палтуса из района Западный склон Медвежинской банки. Наибольшая величина этого показателя для печени найдена как у пикши, так и у трески, выловленных в промысловом районе Юго-Западный склон Мурманской банки.

Результаты 2007 года хорошо согласуются с данными, полученными по TEQ для диоксиноподобных конгинеров ПХБ у рыб, выловленных в зимний сезон 2006 г., где практически в мышцах всех исследованных рыб суммарная токсичность четырех вышеуказанных конгинеров была ниже 1 пгТЭ/г сырой массы, а в печени рыб ее максимальная величина составила 8,8 пгТЭ/г сырой массы (пикша, выловленная в районе Мурманского языка).

Литература

- Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, 2002. (СанПиН 2.3.2. 1078-01). М.: Минздрав РФ. 164 с.
- Мониторинг фоновое загрязнение природных сред, в. 3, 1986. / Под ред. Ю. А. Израэля и Ф. Я. Ровинского. Л.: Гидрометеоиздат. 245 с.
- Мониторинг фоновое загрязнение природных сред, в. 4, 1987. / Под ред. Ю. А. Израэля и Ф. Я. Ровинского. Л.: Гидрометеоиздат. 384 с.
- Плотицына Н. Ф. Киреева Л. И., 1996. Содержание загрязняющих веществ в гидробионтах Баренцева моря // Материалы отчетной сессии по итогам НИР ПИНРО в 1995 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 168–191.
- Стойкие органические загрязнители: пути решения проблемы, 2002. /Худoley В.В., Гусарова Е.Е., Клинский А.В., Ливанов Г.А., Старцев А.А. СПб.: НИИХ СПбГУ. 363 с.

Худолей В.В., 1991. Полициклические ароматические и галогенизированные углеводороды: антропогенная нагрузка северных морей и оценка онко-экологической опасности // Проблемы экологии полярных областей. М.: Наука, 1991. С. 88–91.

ICES Guidelines for Monitoring Contaminants in Fish and Shellfish and in Sediments/ Six Year Review of ICES Coordinated Monitoring Programmes, 1984. // Coop. Res. Report. No. 126. P. 96–100.

Kelly A. G. Campbell D., 1994. Persistent Organochlorine Contaminants in Fish and Shellfish from Scottish Waters // Scottish Fisheries Research Report. No. 54. 26 pp.

Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning (Classification of environmental quality in fiords and coastal waters. A Guide, 1997. / J. Molvær, J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen // SFT Veiledning, 97:03. 36 pp. (In Norwegian).

Manual of Methods in Aquatic Environment Research, 1976. Part 3. Sampling and Analyses of Biological Material // FAO Fisheries Technical Paper. No. 158. 124 p.

Manual of Methods in Aquatic Environment Research., 1976. Part 2. Guidelines for Use of Biological Accumulators in Marine Pollution Monitoring // FAO Fisheries Technical Paper. No. 150. 76 p.

Plotitsyna N. F., Kireeva L.I., 1997. Content of pollutants in marine organisms of the Barents Sea // ICES CM / R: 04. 12 p.

Pogrebov V.B., 1994. Assessment of the Ecological State of the West-Arctic Shelf by Benthos // Arct. Res. US.V.8, Spring, P.290–294.

Stange K., Maage A., Klungsoyr J., 1997. Chlorinated persistent organics and trace elements in marine fish from northern seas // The AMAP International Symposium on Environmental Pollution in the Arctic. - [Tromsø]. P. 106–108.

ORGANOCHLORINE PESTICIDES AND POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN THE BARENTS SEA FISHES

N.F. Plotitsyna, T.A. Zimoveyskova

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO), Murmansk, Russia,
e-mail: nplotits@pinro.ru

DDT and its metabolites were the dominant pesticides found in the muscles of fishes examined. Tetra-, penta- and hexachlorobiphenyls (congeners # 52, 118, 138, 153) constituted 90 % of total PCBs. Chlorinated hydrocarbons' content in the liver of the investigated Barents Sea fishes was much higher than that in muscles as the liver is the accumulation organ where pollutants accumulation occurs first of all. Summary content of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in muscles' tissue and liver of fishes from the Barents Sea did not exceed the permitted levels approved by the Russian sanitary code for the raw food products and provision (muscles – HCH and DDT – on 200 ng/g ww, PCBs – 2000 ng/g ww; liver – HCH, DDT, PCB – 1000, 3000, 5000 ng/g ww, correspondingly. Summary toxicity of polychlorinated biphenyls (congeners # 105, 118, 156 and 180) in the muscles of fishes, expressed in the units of toxical equivalent varied in the range 0,06 (haddock) – 0,22 (Atlantic cod) ng TEQ/g ww, and in the liver – in the range 0,24 (Greenland halibut) – 9,06 (Atlantic cod) ng TEQ/g ww. The greatest value of this index for the liver is found in cod and haddock caught in the fishing area the South- Western Slope of the Murmanskaya fishing ground.

ИХТИОФАУНА ВОДОЕМОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ» И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К НЕМУ ТЕРРИТОРИИ

Э.К. Попова, А.В. Сухов

ФГУ «Государственный природный заповедник «Кивач»,
п. Кивач, Кондопожский район, Республика Карелия, Россия
e-mail: zap.kivach@gmail.com; popova.kivach@list.ru

Гидрографическая сеть Государственного природного заповедника «Кивач» относится к бассейну Балтийского моря (бассейн Онежского озера). Территорию заповедника пересекает река Суна – одна из крупнейших рек Карелии, впадающих в Онежское озеро. а также ее короткий приток р. Сандалка. Длина р. Суны составляет 280 км (по территории заповедника – 12 км), площадь водосбора – 7628 км² (Каталог..., 2001). Имеется 14 озер, из них три са-