Hsiao S.I.C., Pinkewycz N., Mohammed A.A., Grainger E.H. 1984. Sea ice biota and under-ice plankton from southeastern Hudson Bay in 1983 // Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. Vol. 494. P. 1–49.

Kern J.C., Carey A.G. 1983. The faunal assemblage inhabiting seasonal sea ice in the nearshore Arctic Ocean with emphasis on copepods // Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 10. P. 159–167.

Lake R.A., Lewis E.L. 1970. Salt rejection by sea-ice during growth // J.Geoph. Res. Vol. 75, № 3. P. 583–597.

Nozais C., Gosselin M., Michel C., Tita G. 2001. Abundance, biomass, composition and grazing impact of the sea-ice meiofauna in the North Water, northern Baffin Bay // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 217. P. 235–250.

Sazhin A. 2004. Phototrophic and heterotrophic nano- and microorganisms of sea ice and sub-ice water in Guba Chupa (Chupa Inlet), White Sea, in April 2002 // Polar Res. Vol. 23. P. 11–18.

Schnack-Schiel S.B., Dieckmann G.S., Gradinger R., Melnikov I., Spindler M., Thomas D.N. 2001. Meiofauna in sea ice of the Weddell Sea (Antarctica) // Polar Biol. Vol. 24. P. 724–728.

Weissenberger J., Dieckmann G., Gradinger R., Spindler M. 1992. Sea ice: a cast technique to examine and analyze brine pockets and channel structure // Limnol. Oceanogr. Vol. 37. P. 179–183.

Werner I., Arbizu P.M. 1999. The sub-ice fauna of the Laptev Sea and the adjacent Arctic Ocean in summer 1995 // Polar Biol. Vol. 21. P. 71–79.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЦАХ РЫБ ВОДОЕМОВ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОСИИ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)

В.Т.Комов[1], В.А.Гремячих[1], П.Н. Ершов[2]

[1]Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Ярославская обл., Россия

[2]Учреждение Российской академии наук Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, e-mail: vkomov@ibiw.yaroslavl.ru

Уровень глобального и диффузного антропогенного загрязнения ртутью водных экосистем суши по сравнению с морскими значительно выше, что, в частности, объясняется их меньшими размерами [Мур, 1987]. Лучше изучены и факторы, способствующие процессам накопления ртути пресноводными рыбами. К ним относятся как абиотические характеристики водных экосистем – низкие значения pH и высокие цветности воды, повышенное содержание органического вещества, малая площадь озер и высокая степень заболоченности водосборного бассейна [Haines et al., 1982; Watras et al, 1998; Bodaly et al.,1993; Greenfield et. al., 2001], так и биотические – хищный способ питания, низкие темпы роста рыб, преобладание в экосистеме озера гетеротрофных организмов над автотрофными [Cabana and Rasmussen, 1994; Verta et. al., 1986; Степанова, Комов, 2004].

О масштабах накопления ртути морскими гидробионтами можно судить по отдельным встречающимся в литературе данным, как правило, несистематизированным таксономически; по возрасту, размеру и полу рыб; их трофическому уровню и условиям обитания. Возможно, причиной тому не только устоявшееся мнение о меньшей степени загрязнения морских экосистем. С повышением солености воды снижается интенсивность метилирования ртути в результате образования устойчивых ковалентных соединений с ионами хлора. А ведь именно органические формы ртути в первую очередь поглощаются рыбами и другими видами гидробионтов.

Однако однозначно утверждать, что уровни накопления ртути пресноводными рыбами выше, чем морскими, не позволяет значительная вариабельность имеющихся в литературе данных. Содержание ртути в мышцах пресноводных рыб колеблется в очень широких пределах: у окуня из Рыбинского водохранилища – 0,03–0,46 [Комов и др., 2004]; окуня из рек и озер штата Юта (США) – 7,3 [Комаровский,1981]; щуки р. Иинцу (Япония) –1,0–6,0 [Комаровский, 1981]; щуки и налима оз. Онтарио (Канада) – более 27 мг/кг сырой массы [Комаровский, 1981]. Минимальные и средние значения содержания ртути в мышечной ткани морских рыб совпадают с аналогичными показателями у пресноводных, максимальные – ниже: у сардин с побережья Средиземного моря (Тунис) – 0,19–0,41 [Joiris, 1999] тунца с побережья Атлантического океана (северо-запад Флооридыы) – 0,11–0,88 [Rider, 2000]; тунца из Адриатического моря – 0,58 [Комаровский, 1981], из Средиземного – 1,33 [Комаровский, 1981], представителей камбалообразных, мегрима и цитаруса, – 2,8 и 5,4 мг/кг сырой массы, соответственно [Barghigiani, 1994].

Цель настоящей работы – сравнить уровни накопления ртути морскими и пресноводными рыбами из одного, ограниченного географического региона, при условии, что выбранные водоемы по основным гидрохимическим и биотическим показателям будут различаться минимально, так же как и тестируемые виды рыб по особенностям биологии и трофическому уровню. Т.о. мы попытались ограничить вклад прочих (помимо солености) факторов, влияющих на процесс накопления ртути рыбой.

Отлов морской рыбы производили на севере Европейской России (субполярный географический пояс) в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря, пресноводной – в двух малых озерах бассейна губы Чупа: Круглого и Кривого, расположенных на расстоянии 0,5 км друг от друга. Основные характеристики водоемов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики водоемов*, в которых производили отлов рыбы

Характеристики	губа Чупа Кандалакшский залив Белого моря	оз. Кривое	оз. Круглое
Площадь, км^2	650	0,5	0,1
Длина, км	37 – в широтном направлении	1,8	0,8
Ширина, км	1,5	0,45	0,15
Глубина, м	20 – сред. 66 – макс.	11,7 – сред. 30 – макс.	прибрежье –1–1,5 , центр – 3,5–4
Грунт		Песок, глина, ил. Беден органическим веществом	Коричневый ил Богат органическим веществом
pH	>8	6,6–7,4	5,9–6,7
Цветность, °		25	122–129
Соленость, ‰	14,5–26,9 – на поверхности. 25,4–30,4 – на глубине		
Температура	не выше 2° – среднегодовая.	Низкие в течение всего года.	Низкие в течение всего года.
Биомасса бактерио-планктона, мг/м^3	657-прибрежье. 602-открытые р-ны (высокая)	(низкая)	(низкая)
Биомасса фито-планктона, мг/м^3	232	104 (низкая)	289 (низкая)
Биомасса зоо-планктона, г/м^3	0,14–0,26	0,37 (низкая)	0,85 (низкая)
Ихтиофауна (число видов)	56–57	7	1
Трофность	I класс трофности (типично олиготрофное)	Типично олиготрофное	Олиготрофное с признаками дистроф-ного водоема

*данные приведены по [Биологическая продуктивность…, 1975]

Изучали содержание ртути в мышцах европейского керчака Myxocephalus skorpius и окуня Perca fluviatilis. Выбранные виды рыб имеют сходство по ряду признаков. Средние размеры европейского керчака – 25см. Эта донная, малоподвижная рыба встречается на глубине 25–60м, летом чаще вблизи берега. Питается ракообразными, икрой, мальками рыб и мелкой рыбой. Средние размеры обыкновенного окуня – 15–30см. Один из наиболее оседлых, малоподвижных представителей пресноводных рыб, встречается на глубине до 50 м, придерживается мелководий и прочих тихих мест. В первые годы жизни питается ракообразными, к 4–6 годам – полноценный хищник.

Отлов рыбы, отбор проб и их хранение, а также анализ содержания в них ртути проводили по ранее описанной методике [Комов и др., 2004]. Результаты обрабатывали статистически, с использованием метода дисперсионного анализа (ANOVA) и процедуры LSD-теста при уровне значимости $p < 0.05$. Статистический анализ проводили с помощью пакета программ STATGRAPHICS Plus 2.1.

Содержание ртути в мышцах европейского керчака варьировало в пределах от 0,03 до 0,2, окуня обыкновенного – от 0,1 до 0,35 мг/кг сырой массы. Средние значения показателя по выборкам приведены в таблице 2. Все рыбы относились к одной возрастной группе: 2–3 года.

Таблица 2

Морфометрические показатели и содержание ртути в мышцах рыб водоемов севера Европейской России

Водоём	n	Вес, г	L_1, см	L_1, см	Содержание Hg, мг/кг сырой массы
оз. Кривое	19	109,6±19,8	17,4±1,0	18,7±1,0	0,21±0,02
оз. Круглое	21	45,6±2,7	129,4±48,6	15,6±0,4	0,14±0,01
губа Чупа	10	129,4±48,6	–	19,0±2,1	0,07±0,01

Ранее выявлено, что в мышечной ткани окуня с большой массой тела не всегда наблюдается более высокое содержание ртути по сравнению с рыбой небольшого размера и веса [Степанова, 1997]. Как правило, связь между аккумуляцией металла и размерно-массовыми характеристиками рыб отсутствовала в тех водоемах, в которых масса пойманных рыб составляла <150 г. Средняя масса рыб в настоящем исследовании в основном не превышала этот уровень, что позволило избежать пересчета по приведению концентрации ртути в мышцах к определенной массе тела рыбы. Зависимость содержания ртути в мышцах от массы тела для керчака и окуня оз. Круглое оказалась положительной, статистически значимой ($r = 0.42–0.92$, $p < 0.05$), для окуня оз. Кривое – отрицательной и недостоверной ($r = –0,17$, $p < 0.5$).

Процессы накопления ртути рыбой из пресноводных водоемов подвержены воздействию слишком многих трудно учитываемых факторов. В двух рядом расположенных пресноводных озерах, содержание ртути в м ышцах окуня выше в оз. Кривом, нежели в оз. Круглом. Несмотря на значительное сходство по своим гидрохимическим и биотическим характеристикам, озера различаются по типу грунта, степени мутности, цветности воды и разнообразия ихтиофауны. Вполне вероятно, что более низкое содержание ртути в окуне оз. Круглое связано не только с меньшими размерами рыб, но и с повышенной депонирующей способностью богатого ОВ ила. Более высокое содержание ртути в окуне оз. Кривого в какой то степени объясняет тот факт, что в нём обитает также и колюшка, сама накапливающая значительные количества ртути и являющаяся основной пищей хищников.

Несмотря на относительно крупные размеры керчака содержание ртути в его мышцах было ниже, чем в окуне из озер расположенных в бассейне г. Чупа. Процесс накопления металла в морской рыбе ограничивают, вероятно, помимо повышенной солености и щелочности воды, и более низкие среднегодовые температуры воды. И это несмотря на то, что Белое море – единственное море в Арктическом бассейне, которое можно назвать средиземным, так как оно имеет сравнительно слабый, ограниченный порогом водообмен с Северным Ледовитым океаном, и в формировании его гидрохимических параметров большую роль играет сток рек.

Литература

Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. В серии: Исследование фауны морей. Вып.42 (50). Часть II. СПб. 1995.

Биологическая продуктивность северных озер. Часть 1. Озера Кривое и Круглое. Ред. Г.Г. Винберг. Тр. Зоол. ин-та. Т. LXI. 1975. Л.: Наука. 228 с.

Комаровский Ф.Я., Полищук Л.Р. Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграции, накопление, токсичность для гидробионтов / Гидробиологический журнал. 1981. Т.XVII. № 5. С.71–83.

Комов В.Т., Степанова И.К., Гремячих В.А. Содержание ртути в мышцах рыб из водоемов Северо-Запада России: причины интенсивного накопления и оценка негативного эффекта на состояние здоровья людей // Актуальные проблемы водной токсикологии. Борок. Ин-т биол. внутр. вод РАН. 2004. С.99–123.

Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Москва: Мир. 1987. С.140–174.

Степанова И.К., Комов В.Т. Накопление ртути в рыбе из водоемов Вологодской области // Экология.1997. Т.28. №4. С. 196–202.

Степанова И.К., Комов В.Т. Роль трофической структуры экосистем водоёмов северо-запада России в накоплении ртути в рыбе // Гидробиол. журн. 2004. Т 40. № 2. С. 87–96.

Стунжас П.А., Бородкин С.О. Гидрохимические критерии обмена поверхностных и глубинных вод Белого моря / Океанология. 2004. №2. С.189–198.

Akielaszck J.T., Heines T.A. Mercury in the muscle tissue of fish from three northern Main lakes / Bull.Environ. Contam. and Toxicol. 1981.V.21. №2. P.201–208.

Barghigiani C., Ristori T. The Distribution of Mercury in a Mediternranean Area // In :Mercury pollution: integration and synthesis / Eds. Carl J. Watras, John W. Huckabee, Lewis Publishers. 1994. P. 41–49.

Bodaly R.A., Rudd J.W.M., Fudge R.J.P. et al. Mercury concentrations in fish related to size of remote Canadian Shild lakes // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1993. V. 50. P. 980–987.

Cabana G., Rasmussen J.B. Modeling food chain structure and contaminant bioaccumulation using stable nitrogen isotopes // Nature. 1994. V. 372. P. 255–257.

Greenfield B.K., Hrabik T.R., Harvey C. J. et al. Predicting mercury levels in yellow
perch: use of water chemistry, trophic ecology and spatial taints // Can. J. Fish. Aquat. Sci
2001. № 58. P. 1419–1429.

Haines T.A., Komov V.T., Jagoe C.H. Lake acidity and mercury content of fish in Darwin National Reserve, Russia// Environ. Pollut. 1992. V. 78, P. 107–112.

Joiris Claude R., Holsbeek Ludo, Moatemri Nejib Laroussi. Total and methilmercury in sardines Sardinella aurita and Sardina pilchardus from Tunisia / Marr. Pollut. Bull. 1999. V.38. №3. P.188–192.

Rider Steven J., Adams Douglas H. Mercury concentrations in spotted seatrout (Cynoscion nebulosus) from nortwest Florida / Gulf. Mex. Sci. 2000. V.18, №2, P. 97–103.

Verta M., Rekolainen S., Kinnunen K. Causes of increased fish mercury levels in Finnish reservoirs // Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland. 1986. V. 65. P. 44–58.

Watras C.J., Back R.C., Halvorsen S. Bioaccumulation of mercury in pelagic fresh water food webs // Sci. Total Environ.1998. V. 219. P. 183–208.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕКОТОРЫХ КАРПОВЫХ РЫБ В ПРЕДНЕРЕСТОВЫЙ ПЕРИОД

Н.И. Комова
Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод
им. И.Д. Папанина РАН, Борок Ярославская обл., Россия
e-mail: komova@ibiw.yaroslavl.ru

Важнейшим условием существования особей в популяции является их разнокачественность, обеспечивающая стабильность популяции в целом. Изучение распределения и изменчивости содержания липидов и отдельных липидных компонентов в различных органах и тканях рыб имеет большое значение для выявления их роли в адаптационных механизмах организма (Сидоров, Шатуновский, 1983), сохранения биоразнообразия водоемов (Шатуновский, 1998), а также для решения задач воспроизводства рыбных запасов. По достижении половозрелости все обменные процессы, происходящие в организме самок связаны со значительными затратами пластических и энергетических веществ на созревание ооцитов, тогда как у самцов затраты на генеративный обмен значительно ниже.

Цель данной работы состояла в сравнении изменчивости биохимических показателей органов и тканей карповых рыб перед нерестом. Исследования проведены на трех основных промысловых видах карповых рыб Рыбинского водохранилища – леще *Abramis brama*, плотве *Rutilus rutilus* и синце *Abramis ballerus.*

Материал и методика

Материал собирали в течение двух лет в конце апреля – начале мая на речных и устьевых нерестилищах р. Сить, впадающей в Рыбинское водохранилище. Все рыбы имели гонады на IV стадии зрелости. Сравнивали выборки, состоящие из особей наиболее массовых размерно-возрастных групп, составляющих основу нерестового стада. Так, длина тела самок леща 330–420 мм и возраст 11–16 лет, а самцов – 300–400 мм и 10–16 лет, самок плотвы – 140–300 мм и 5–11 лет, а самцов – 130–210 мм и 5–9 лет, самок синца – 230–300 мм и 7–11 лет, самцов – 230–270 мм и 7–10 лет, соответственно. Анализ содержания белка, воды, суммарных липидов и их фракций проводили по общепринятым методикам. Коэффициенты вариации рассчитывали отдельно для каждой выборки с разных нерестилищ в разные годы. Всего обработано 488 экз. рыб, проведен биохимический анализ 1064 проб.

Результаты

Наиболее стабильным, по сравнению с другими тканями, оказался биохимический состав головного мозга (табл. 1). Для него отмечена самая низкая вариабельность общих липидов. Мозг особенно богат фосфолипидами, это наименее изменчивый компонент не только в мозге, но и во всех