

УДК 598.2/.8; 574.2; 504.74.06

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ КРОВИ МУХОЛОВКИ-ПЕСТРУШКИ (*FICEDULA HYPOLEUCA*) НА ТЕРРИТОРИИ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА

А.В. Рыбкин¹, Д.О. Рыбкина²

¹ Пермский государственный университет
Россия, 614600, Пермь, Букирева, 15

² Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН
Россия, 614081, Пермь, Голева, 1

Поступила в редакцию 13.07.05 г.

Оценка уровня загрязненности хлорорганическими соединениями крови мухоловки-пеструшки (*Ficedula hypoleuca*) на территории крупного промышленного центра. – Рыбкин А.В., Рыбкина Д.О. – В результате проведенного исследования обнаружено высокое содержание полихлорированных бифенилов в крови птенцов мухоловки-пеструшки (*Ficedula hypoleuca*), обитающей на территории г. Перми. Количество полихлорированных бифенилов в образцах крови пяти локальных группировок городской популяции варьирует от 3.57 до 15.45 мкг/мл. Широко представлен изомерный состав полихлорбифенилов (26 изомеров) с преобладанием *para*-замещенных бифенилов. Установлена обратная линейная корреляционная зависимость успеха размножения от уровня полихлорбифенилов в крови птенцов. Достоверной корреляции между количеством полихлорированных бифенилов в крови мухоловки-пеструшки и загрязнением почв данными соединениями в районе исследования не выявлено.

Ключевые слова: птицы, *Ficedula hypoleuca*, полихлорированные бифенилы, загрязнение.

Levels of organochlorine contaminants in the blood of Pied flycatchers (*Ficedula hypoleuca*) in a big industrial center. – Rybkin A.V., Rybkina D.O. – High levels of polychlorinated biphenyl (PCB) contamination were detected in the blood of Pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) nestlings in the Perm City (Russian Federation). The total concentration of polychlorinated biphenyls in the blood samples of five local groups of the city population was found to vary in a range of 3.57 – 15.45 µg/ml. 26 isomers of polychlorinated biphenyls were detected, p-substituted biphenyls to predominate. An inverse linear correlation between breeding success and the level of polychlorinated biphenyls in the blood of nestlings was determined. No reliable correlation between the concentration of polychlorinated biphenyls in the blood of pied flycatcher nestlings and PCB-contamination of the soils in the territory has been revealed.

Key words: birds, *Ficedula hypoleuca*, polychlorinated biphenyls, pollution.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из глобальных экологических проблем является загрязнение окружающей среды хлорорганическими соединениями. Большинство веществ этой группы, в том числе и полихлорированные бифенилы (ПХБ), являются суперэко-токсикантами, то есть даже в малых дозах обладают способностью оказывать негативное воздействие на организм животных (Пурмаль, 1998; Куценко, 2004).

Полихлорированные бифенилы – группа из 209 синтетических органических соединений, каждое из которых несет от 1 до 10 атомов хлора, присоединенных к полиароматической бифенильной структуре. В силу уникальных химических и фи-

зических свойств, ПХБ широко применялись в промышленности при изготовлении пестицидов, пластификаторов, смазочных средств, красок, лаков, клеев, а также в качестве компонента диэлектриков, использующихся в электрических аппаратах, в частности в трансформаторах (Федоров, 1993). Несмотря на запрет на производство и использования полихлорбифенилов (Монреальский протокол..., 1987), уровень загрязненности окружающей среды данными веществами остается высоким за счет их устойчивости к абиотическому и биотическому разложению, а также в результате вымывания ПХБ из мест складирования промышленных отходов и аварий на трансформаторных станциях (Ревелль П., Ревелль Ч., 1995; Пурмаль, 1998).

В 70-х гг. прошлого века было установлено, что полихлорированные бифенилы – токсичные и канцерогенные соединения. Наибольшую опасность для животных представляют подострые и хронические воздействия ПХБ. Между тем именно такому типу воздействия на данный момент подвергаются популяции птиц и млекопитающих, обитающие на территориях крупных промышленных центров. Благодаря высокой липофильности, ПХБ аккумулируются в биологических трофических цепях с тенденцией накопления на высших уровнях. В организм птиц ПХБ проникают через кожу, легкие и желудочно-кишечный тракт. В результате всасывания ПХБ аккумулируются в крови с последующим распределением между остальными органами. Вместе с тем накопление полихлорированных бифенилов приводит к прогрессивному падению веса, угнетению костного мозга, иммуносупрессии, истончению скорлупы яиц и, как следствие, гибели потомства до вылупления, снижению репродуктивных функций, а также нарушению поведения и заботы о потомстве (Воронов, Сидоров, 1999; Лебедева, 1999). Таким образом, загрязнение окружающей среды полихлорированными бифенилами представляет серьезную проблему для сохранения численности и разнообразия видов птиц.

К настоящему времени существует значительный фактический материал о содержании ПХБ в яйцах рыбоядных и хищных птиц (Лебедева, 1999; Aurigi et al., 2000; Elliott et al., 2000; Jenssen et al., 2001; Bosveld, Berg, 2002; Hezke et al., 2002; Nakata et al., 2005), но работ, посвященных изучению накопления полихлорбифенилов в различных органах и тканях популяций птиц, обитающих на техногенных территориях, гораздо меньше (Лебедева, 1999; Brink, Bosveld, 2001; Gomara et al., 2004; Maervoet et al., 2004; Wienburg, Shore, 2004). Известно, что значительную долю орнитофауны крупных промышленных центров составляют насекомоядные птицы, представители отряда Passeriformes. Именно эта группа птиц наиболее интенсивно подвержена действию химического загрязнения, присутствующего в районе их обитания. Однако сведения о содержании ПХБ в организме воробьинообразных крайне скудны (Лебедева, 1999).

Целью настоящего исследования явилось изучение уровня полихлорированных бифенилов в крови птенцов мухоловки-пеструшки (*Ficedula hypoleuca* Pallas, 1764), обитающей на территории г. Перми. Выбор в качестве модели исследования данного вида птиц-дуплогнездников из отряда Passeriformes определяется привязанностью мухоловки к гнездовой территории на период выкармливания птенцов, а также методической возможностью проведения исследований в удобных и заранее подготовленных местах гнездования (искусственных гнездовьях).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Уровень загрязненности полихлорированными бифенилами крови мухоловки-пеструшки исследовали в мае – июне 2004 г. на территории г. Перми. В настоящее время Пермь – крупный промышленный город Западного Урала, административный центр Пермской области, общей площадью 799.7 км², расположенный на берегах р. Камы. Основной массив промышленной и жилой застройки находится на левом берегу, 40% береговой линии р. Камы заняты промплощадками. Высокий уровень техногенной нагрузки на окружающую среду на территории города обусловлен деятельностью предприятий тяжелой промышленности, нефте- и газоперерабатывающими производствами, предприятиями химического синтеза, а также значительным количеством транспорта. В составе города выделяют 7 административных районов. Наибольший удельный вес в общем объеме производства промышленной продукции приходится на долю предприятий Индустриального района, далее идут Свердловский и Ленинский. Для всех районов г. Перми отмечено превышение ПДК по уровню загрязненности территории синтетическими органическими соединениями, в частности ароматическими углеводородами (Состояние окружающей среды..., 1997; Состояние и охрана..., 2001).

Материал для исследования был отобран на пяти площадках, заложенных в 2000 – 2001 гг. и размещенных на территории лесопарков Черняевский лес (площадка 1, 6.37 км²) и Сосновый бор (площадка 2, 1.20 км²), городского сада им. В.Л. Миндовского (площадка 3, 0.10 км²), городских кладбищ «Егошихинское» (площадка 4, 0.20 км²) и «Южное» (площадка 5, 0.43 км²). Площадки расположены в Индустриальном, Кировском, Свердловском и Ленинском районах в зоне досягаемости выбросов промышленных предприятий. Искусственные гнездовья были вывешены в линии по 50 штук на высоте 4.5 – 5.0 м с интервалом 15 – 20 м. В лесопарках линии гнездовий привязаны к тропинкам и просекам, на кладбищах – к межквартильным дорожкам, в городском саду расположены по периметру территории.

Объектом исследования выбрана мухоловка-пеструшка (*F. hypoleuca*) – доминирующий вид среди птиц-дуплогнездящих, заселяющих искусственные гнездовья в условиях города. Доля гнездовий, занятых мухоловкой-пеструшкой на территории заложенных площадок, составляет 43%. Данный вид одинаково хорошо заселяет дуплянки как в лесопарках, так и в городских садах и устойчив к различным стрессорным факторам (частому посещению гнезда, временному изъятию птенцов, забору крови и т.п.) (Бельский и др., 1995; Рыбкин, 2005).

Накануне вылета из гнезда у птенцов в возрасте 14 дней прижизненно брали кровь из плечевой вены в объеме 0.02 мл. Забор крови производили у трех птенцов из выводка, после чего возвращали птенцов в гнездо. Пробы крови доводили физиологическим раствором (0.9% NaCl) до 1 мл и центрифугировали 3 мин при 12 тыс. об/мин (центрифуга MiniSpin, Eppendorf) до полного осаждения клеточных элементов. В дальнейших экспериментах использовали плазму крови.

Экстракцию полихлорированных бифенилов проводили по стандартной методике с использованием гексана (Дугов, Родин, 2002). Анализ полученных экстрактов проводили на газовом хроматографе (Agilent Technology, GC6890N) с масс-селективным детектором (Agilent Technology, MSD5973N) и кварцевой капиллярной колонкой HP-5MS SN US15189741-1 (длина – 30 м, диаметр – 0.25 мм) при

программировании температуры от 150 (1 мин) до 165°C со скоростью 1.5°C/мин и далее до 225°C со скоростью подъема температуры 3°C/мин (Hernandez et al., 1997). Газ-носитель – гелий (1 мл/мин), температура испарителя – 230°C. Величина пробы – 0.2 мкл. Пробы почв (верхний гумусовый слой) отбирали методом «конверта» в 10 точках на протяжении линии искусственных гнездовых в Черняевском лесу, Сосновом бору и на Егошихинском кладбище (площадки 1, 2 и 4). Для дальнейшего анализа на содержание ароматических соединений брали по три средневзвешенные пробы с каждой линии. 10 г почвы помещали в колбу с плотно притертой крышкой и вносили 5 мл стерильной дистиллированной воды. Экстракцию проводили дважды смесью конц. H_2SO_4 : 12.5% SDS : гексан в соотношении 1 : 10 : 25 при 37°C в течение 60 мин на шейкере при 100 об/мин с последующим отбором и объединением гексановой фракции. Остаточную воду удаляли внесением безводного сульфата натрия. GC-MS-анализ гексановых экстрактов проводили как описано выше.

Полученные в ходе исследований данные обрабатывали статистически с использованием стандартных пакетов компьютерных программ Microsoft Excel, SigmaPlot 7.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного анализа установлено, что в плазме крови птенцов мухоловки-пеструшки г. Перми присутствуют 26 изомеров полихлорированных бифенилов (табл. 1). Наибольшее разнообразие изомерного состава ПХБ характерно для образцов, полученных из лесопарков. Так, образцы плазмы крови с площадки 1 (Черняевский лес) содержат 23 изомера ПХБ, с площадки 2 (Сосновый бор) – 20 изомеров. Самое низкое разнообразие полихлорбифенилов (9 изомеров) отмечено в крови птенцов локальной группировки мухоловки-пеструшки, обитающей на Егошихинском кладбище. Иная картина наблюдается при анализе количественного содержания ПХБ в плазме крови исследуемого вида птиц-дуплогнездников. Высокое содержание ПХБ отмечено в образцах с площадок 1 и 5 (15.45 и 15.08 мкг/мл соответственно). Количество полихлорированных бифенилов, обнаруженное в плазме крови птенцов локальных группировок площадок 2, 3 и 4, значительно ниже и составляет 6.595, 3.57 и 4.46 мкг/мл соответственно.

В зарубежной литературе встречается лишь несколько сообщений, посвященных изучению содержания полихлорированных бифенилов в плазме крови птиц. Так, по данным ряда авторов, у стервятников на территории США уровень ПХБ в крови составляет 1.6 – 15 мкг/мл, тогда как у этого же вида, обитающего на территории Испании, данный показатель значительно ниже (3.2 – 97 нг/мл) (Kumar et al., 2002; Gomara et al., 2004). Низкие количественные значения ПХБ отмечены в плазме крови орлов штата Мичиган, США (46 – 67 нг/г веса) и скопы штата Орегон, США (2.3 – 9.7 нг/кг веса) (Elliott et al., 2000; Kannan et al., 2002). Наиболее высокий уровень ПХБ в крови обнаружен у рыбоядных птиц. По данным N.W. Brink, A.T.C. Bosveld (2001), содержание ПХБ в плазме крови речной крачки трех крупнейших колоний Нидерландов составляет 33 – 61 мкг/г. Общий уровень полихлорированных бифенилов, выявленный в ходе наших исследований, значительно ниже, чем таковой, описанный для речной крачки, и сопоставим с уровнем ПХБ в плазме крови стервятников, обитающих в США.

Таблица 1

Содержание хлорированных бифенилов в плазме крови птенцов мухоловки-пеструшки

IUPAC- №	Заместители	Концентрация ПХБ, мкг/мл				
		Площадка 1 (n = 11)	Площадка 2 (n = 12)	Площадка 3 (n = 7)	Площадка 4 (n = 5)	Площадка 5 (n = 6)
1	2-	1.85±0.13	0.79±0.05	0.33±0.02	0.41±0.04	0.55±0.04
3	4-	0.83±0.03	1.03±0.03	0.72±0.03	1.50±0.07	0.83±0.03
22	2,3,4'-	0.36±0.03	0.15±0.01	0	0	0.20±0.04
29	2,4,5'-	1.54±0.11	0.54±0.03	0.24±0.01	0.05±0.01	0.17±0.02
36	2,3',5-	0.06±0.005	0	0.03±0.003	0	0
37	3,4,4'-	0.46±0.04	0.05±0.004	0.09±0.01	0	0
57	2,3,3',5-	0.27±0.02	0.03±0.002	0	0	1.32±0.19
78	3,3',4,5-	0.18±0.02	0.12±0.009	0.07±0.008	0	0.92±0.01
80	3,3',5,5'-	0.58±0.05	0.05±0.004	0.04±0.004	0	0
81	3,4,4',5-	0.92±0.03	0.73±0.03	0.29±0.01	0.63±0.04	0.39±0.03
101	2,2',4,5,5'-	3.78±0.28	1.33±0.08	0.21±0.01	0.41±0.03	0.57±0.04
112	2,3,3',5,6-	0.37±0.04	0.005±0.001	0	0	0.04±0.006
125	2,3',4',5',6-	0.05±0.005	0	0	0	0
130	2,2',3,3',4,5'-	0.88±0.07	0.19±0.02	0	0	0
133	2,2',3,3',5,5'-	0	0	0	0.07±0.01	1.29±0.25
138	2,2',3,4,4',5-	0.18±0.02	0.23±0.02	0	0	0
153	2,2',4,4',5,5'-	0.19±0.02	0	0.02±0.003	0	0
159	2,3,3',4,5,5'-	1.19±0.06	0.34±0.03	0.63±0.07	0	0.14±0.03
166	2,3,4,4',5,6-	0.01±0.001	0	0.08±0.008	0	0.07±0.01
175	2,2',3,3',4,5',6-	1.03±0.08	0.19±0.01	0.02±0.003	0.03±0.004	2.10±0.32
179	2,2',3,3',5,6,6'-	0.19±0.02	0.25±0.02	0.15±0.01	0	0.03±0.004
180	2,2',3,4,4',5,5'-	0.34±0.03	0.25±0.02	0	0	0
185	2,2',3,4,5,5',6-	0.03±0.002	0.26±0.03	0.32±0.02	0.47±0.03	2.74±0.49
190	2,3,3',4,4',5,6-	0.16±0.02	0.05±0.04	0	0	0
193	2,3,3',4',5,5',6-	0	0.01±0.001	0.33±0.02	0.89±0.06	3.61±0.65
201	2,2',3,3',4,5',6,6'-	0	0	0	0	0.11±0.02

Следует отметить, что количество полихлорированных бифенилов, обнаруженное в большинстве коллекционных образцов, превышает токсический для птиц уровень ПХБ (4.7 мкг/г), установленный ранее (Hoffman et al., 1998; Iseki et al., 2001). С учетом этого факта нами проведено сравнение полученных данных о загрязненности крови с репродуктивными показателями популяции мухоловки-пеструшки г. Перми. Установлена обратная линейная корреляция между уровнем содержания ПХБ в крови и успехом размножения (отношение количества вылетевших птенцов к количеству яиц в кладке) локальных группировок исследуемого вида птиц-дуплогнездящих. Коэффициент корреляции составил 0.94. Таким образом, можно предположить, что аккумулированные полихлорированные бифенилы, оказывают токсический эффект на физиологическое состояние птенцов, что в сочетании с другими неблагоприятными факторами приводит к их гибели и, как следствие, снижению успеха размножения мухоловки-пеструшки на территории города.

Известно, что на высших трофических уровнях аккумуляция высокохлорированных бифенилов преобладает над накоплением низкохлорированных (от монодо три-замещенных) (Федоров, 1993; Лебедева, 1999; Куценко, 2004). Анализ по-

лученных результатов показал, что данное правило правомочно и в нашем исследовании. Во всех образцах плазмы крови птенцов мухоловки-пеструшки количество высокохлорированных бифенилов было достоверно выше, чем низкохлорированных (рис. 1). Однако профили изомерных групп ПХБ значительно варьируют



Рис. 1. Количество высоко- и низкохлорированных бифенилов в плазме крови птенцов мухоловки-пеструшки: 1 – низкохлорированные, 2 – высокохлорированные

исследованных образцах крови количественно преобладают моно- и ди(*пара*-)хлорированные бифенилы (см. табл. 1). Известно, что изомеры ПХБ с заместителями в *пара*-положении обладают диоксиноподобными свойствами и являются наиболее токсичными (Куценко, 2004; Hoffman et al., 1998). Для данной группы соединений Всемирной организацией здравоохранения разработана система эквивалентов токсичности (WHO-TEF), с

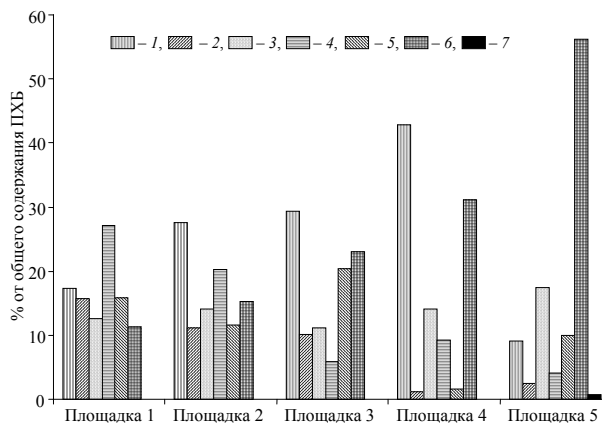


Рис. 2. Профили изомерных групп ПХБ в плазме крови птенцов мухоловки-пеструшки: 1 – моноХБ, 2 – триХБ, 3 – тетраХБ, 4 – пентаХБ, 5 – гексаХБ, 6 – гептаХБ, 7 – октоХБ

между исследуемыми районами (рис. 2). Наиболее равномерно все группы представлены в образцах крови с площадки 1, с незначительным преобладанием пентахлорированных бифенилов. Преобладание гептахлорированных бифенилов, а также присутствие октохлорбифенилов обнаружено в плазме крови птенцов с площадки 5. В остальных случаях доминирующими загрязнителями являются монохлорированные бифенилы.

Установлено, что в исследованных образцах крови количественно преобладают моно- и ди(*пара*-)хлорированные бифенилы (см. табл. 1). Известно, что изомеры ПХБ с заместителями в *пара*-положении обладают диоксиноподобными свойствами и являются наиболее токсичными (Куценко, 2004; Hoffman et al., 1998). Для данной группы соединений Всемирной организацией здравоохранения разработана система эквивалентов токсичности (WHO-TEF), с учетом которых рассчитываются эквивалентные токсичные концентрации (WHO-TEQ) индивидуальных ПХБ для животных и человека (Berg et al., 1998; Dyke, Stratford, 2002). Величины WHO-TEQ отдельных полихлорбифенилов, определенные для локальных группировок городской популяции мухоловки-пеструшки, приведены в табл. 2. Основная доля в суммарной эквивалентной токсичной концентрации полихлорированных бифенилов при-

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ КРОВИ МУХОЛОВКИ-ПЕСТРУШКИ

надлежит ди(*para*-)хлорированному тетразамещенному изомеру ПХБ81 и составляет от 99.3% (Южное кладбище, площадка 5) до 99.9% (Егошихинское кладбище, площадка 4). Максимальное значение суммы ТЕQ-ПХБ характерно для образцов плазмы крови птенцов

с площадки 1 (Черняевский лес), а минимальное – для образцов, полученных с площадки 3 (сад им. В.Л. Миндовского). Данное распределение суммарной эквивалентной токсичной концентрации ПХБ сопоставимо с распределением общего количества полихлорбифенилов в пробах крови между

различными локальными группировками пермской популяции мухоловки-пеструшки. Достоверных корреляционных зависимостей между суммарной ТЕQ-ПХБ и репродуктивными показателями исследуемого вида птиц-дуплогнезdnиков не обнаружено.

Рядом авторов было высказано предположение, что уровень полихлорированных бифенилов в крови птиц может быть обусловлен начальным загрязнением территории данным классом синтетических веществ (Brink, Bosveld, 2001). Нами проведены исследования по определению количества и изомерного спектра ПХБ в почвах трех, достаточно удаленных друг от друга, площадок (табл. 3). Установлено, что наиболее

загрязненными являются почвы Соснового бора, где содержание ПХБ составило 9.86 мг/кг. Далее по количеству ПХБ следуют почвы Черняевского леса и Егошихинского кладбища, в которых обнаружено 5.16 и 2.78 мг

ПХБ/кг почвы соответственно. Следует отметить, что градиент концентрации полихлорированных бифенилов в почвах исследованных площадок не коррелирует с содержанием ПХБ в крови птенцов данных районов. Анализ изомерного состава ПХБ показал, что спектр полихлорированных бифенилов, обнаруженных в поч-

Таблица 2

Эквивалентные токсические концентрации
отдельных изомеров полихлорированных бифенилов
в плазме крови мухоловки-пеструшки

ПХБ	WHO-TEQ ПХБ, нг/мл				
	Площадка 1	Площадка 2	Площадка 3	Площадка 4	Площадка 5
78	9	6	3.5	0	46
81	92	73	29	63	39
101	0.378	0.133	0.021	0.041	0.0057
125	5	0	0	0	0
159	0.119	0.034	0.063	0	0.014
166	0.0001	0	0.0008	0	0.0007
175	0.103	0.019	0.002	0.003	0.21
180	0.0034	0.0025	0	0	0
185	0.0003	0.0026	0.0032	0.0047	0.0274
Σ _{ТЕQ-ПХБ}	106.6038	79.1911	32.59	63.0487	85.3091

Таблица 3

Содержание хлорированных бифенилов в образцах почв

IUPAC- №	Заместители	Концентрация ПХБ, мг/кг		
		Площадка 1 (Черняевский лес)	Площадка 2 (Сосновый бор)	Площадка 4 (Егошихинское кладбище)
1	2-	0.98±0.05	2.24±0.11	0.52±0.02
3	4-	0.75±0.04	0.90±0.05	0.30±0.01
37	3,4,4'-	0.24±0.03	0.48±0.04	0.14±0.02
101	2,2',4,5,5'-	2.87±0.14	6.25±0.33	1.64±0.07
112	2,3,3',5,6-	0.057±0.006	0	0
159	2,3,3',4,5,5'-	0	0	0.12±0.01
170	2,2',3,3',4,4',5-	0.26±0.03	0	0
185	2,2',3,4,5,5',6-	0	0	0.064±0.007

венных пробах, аналогичен таковому, выявленному в образцах плазмы крови птенцов мухоловки-пеструшки. Однако следует отметить, что в крови птенцов локальной группы площадки 1 отсутствует ПХБ170, а в образцах крови птенцов с площадки 4 – ПХБ37 и ПХБ159. При этом общее количество изомеров полихлорбифенилов в почвах в 3.25 раза ниже такового в крови мухоловки-пеструшки. На рис. 3 показаны профили изомерных групп ПХБ, обнаруженных в почвах

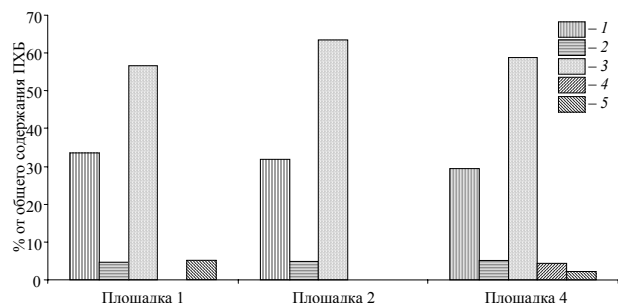


Рис. 3. Профили изомерных групп хлорированных бифенилов в исследуемых почвах: 1 – моноХБ, 2 – триХБ, 3 – пентаХБ, 4 – гексаХБ, 5 – гептаХБ

выбранных площадок. Установлено, что гептахлорированные бифенилы представлены в пробах с площадки 1 и 4, а гексахлорированные – только в пробах с площадки 4, тогда как моно-, три- и пентазамещенные бифенилы присутствуют во всех исследованных почвенных образцах. Доминирующей является группа пентахлорбифенилов. Таким образом, про-

фили изомерных групп ПХБ, описанные для образцов крови популяции мухоловки-пеструшки г. Перми и почвенных проб рассматриваемого района, несут значительные различия. Приведенные результаты и их анализ позволяют сделать вывод, что начальный уровень полихлорированных бифенилов, представленный на территории г. Перми, не оказывает влияния на количество аккумулированных ПХБ в крови исследуемой популяции мухоловки-пеструшки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени в литературе представлены довольно скудные сведения об уровне загрязненности птиц хлорорганическими соединениями, в частности полихлорированными бифенилами. При этом имеющиеся работы посвящены в основном изучению биоаккумуляции ПХБ в организме рыбоядных и хищных птиц, тогда как в отношении насекомоядных представителей отряда Passeriformes данный вопрос практически не изучен.

В результате проведенных исследований в рамках настоящей работы показано, что в крови мухоловки-пеструшки, обитающей на территории крупного промышленного центра Западного Урала (г. Пермь), аккумулировано значительное количество полихлорированных бифенилов (до 15.45 мкг/мл). Кроме того, установлена обратная корреляция между успехом размножения и уровнем ПХБ в крови локальных группировок исследуемой популяции. Стоит отметить, что значительную часть изомеров ПХБ, выявленных в плазме крови мухоловки-пеструшки, составляют *para*-хлорированные бифенилы, представляющие наибольшую угрозу для нормального развития птенцов. Так как достоверной зависимости между уровнем полихлорбифенилов в крови мухоловки-пеструшки и в почвах района исследований не обнаружено, можно предположить, что накопление данных хлорорга-

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ КРОВИ МУХОЛОВКИ-ПЕСТРУШКИ

нических соединений в организме птенцов происходит в результате их поступления с кормом. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне загрязненности полихлорированными бифенилами популяции мухоловки-пеструшки г. Перми и о токсическом действии ПХБ на репродуктивные показатели данного вида насекомоядных птиц.

Авторы выражают благодарность сотруднику аналитической лаборатории Института экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН В.А. Гусеву за ценные советы и помощь при выполнении анализов на газовом хроматографе, а также студенту биологического факультета Пермского государственного университета П.А. Граждану за помощь, оказанную при сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бельский Е.А., Безель В.С., Ляхов А.Г. Характеристика репродуктивных показателей птиц-дуплогнездящих в условиях техногенного загрязнения // Экология. 1995. № 2. С. 146 – 152.
- Воронов В.В., Сидоров Р.А. Мутагенные контаминанты окружающей среды // Вестн. новых медицинских технологий. 1999. Т. 6, № 2. С. 134 – 142.
- Дугов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. СПб.: Анатолия, 2002. С. 435 – 587.
- Куценко С.А. Основы токсикологии. СПб.: Фолиант, 2004. 720 с.
- Лебедева Н.В. Экоотоксикология и биогеохимия географических популяций птиц. М.: Наука, 1999. 199 с.
- Монреальский Протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. ЮНЕП, 1987.
- Пурмаль А.П. Антропогенная токсикация планеты // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 9. С. 46 – 51.
- Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания: В 4 кн. Кн. 2 / Пер. с англ. М.: Мир, 1995. 296 с.
- Рыбкин А.В. Птицы, населяющие искусственные гнездовья на озелененных территориях города Перми // Актуальные проблемы биологии и экологии: Тез. докл. XII молодежной науч. конф. / Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2005. С. 200 – 201.
- Состояние и охрана окружающей среды г. Перми в 2000 г.: Справочно-информационные материалы. Пермь: Стиль-МГ, 2001. 88 с.
- Состояние окружающей среды и здоровья населения г. Перми: Справочно-информационные материалы. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 1997. 115 с.
- Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы. М.: Наука, 1993. 266 с.
- Aurigi S., Focardi S., Hulea D., Renzoni A. Organochlorine contamination in bird's eggs from the Danube delta // Environ. Pollution. 2000. Vol. 109, № 1. P. 61 – 67.
- Berg M. van der, Birnbaum L., Bosveld A.T.C., Brunstrom B., Cook P., Feeley M., Giesy J.P., Hanberg A., Hasegawa R., Kennedy S.W., Kubiak T., Larsen J.C., Leeuwen F.X.R. van, Liem A.K.D., Nolt C., Peterson R.E., Poellinger L., Safe S., Schrenk D., Tillitt D., Tysklind M., Younes M., Waern F., Zacharewski T. Toxic equivalence factors (TEF) for PCBs, PCDDs, PSDFs for humans and wildlife // Environ. Health Perspect. 1998. Vol. 106. P. 775 – 792.
- Bosveld A.T.C., Berg M. van der. Reproductive failure and endocrine disruption by organohalogenes in fish-eating birds // Toxicology. 2002. Vol. 181 – 182. P. 155 – 159.
- Brink N.W. van der, Bosveld A.T.C. PCB concentrations and metabolism patterns in common terns (*Sterna hirundo*) from different breeding colonies in the Netherlands // Marine Pollution Bul. 2001. Vol. 42, № 4. P. 280 – 285.
- Dyke P.H., Stratford J. Changes in the TEF schemes can have significant impacts on regulation and management of PCDD/F and PCB // Chemosphere. 2002. Vol. 47. P. 103 – 116.

Elliott J.E., Machemer M.M., Wilson L.K., Henny C.J. Contaminants in ospreys from the Pacific Northwest: II. Organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls, and mercury, 1991-1997 // Environ. Contam. Toxic. 2000. Vol. 38. P. 93 – 106.

Gomara B., Ramos L., Gangoso L., Donazar J.A., Gonzalez M.J. Levels of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in serum samples of Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) from Spain // Chemosphere. 2004. Vol. 55. P. 577 – 583.

Hernandez B.S., Koh S.-C., Chial M., Focht D.D. Terpene-utilizing isolates and their relevance to enhanced biotransformation of polychlorinated biphenyls in soil // Biodegradation. 1997. Vol. 8. P. 153 – 158.

Hezke D., Kallenborn R., Nygard T. Organochlorines in egg samples from Norwegian birds of prey: congener-, isomer- and enantiomer specific considerations // The Science of the Total Environment. 2002. Vol. 291. P. 59 – 71.

Hoffman D.J., Melancon M.J., Klein P.N., Eisseemann J.D., Spann J.W. Comparative developmental toxicity of planar polychlorinated biphenyl congeners in chickens, american kestrels and common terns // Environ. Toxicol. Chem. 1998. Vol. 17 (4). P. 747 – 757.

Iseki N., Izuka T., Hayama S., Masunaga S., Nakanishi J. Accumulation profiles and burdens of dioxins, furans and dioxin-like PCBs in common cormorants (*Phalacrocorax carbo*), from Japan // Organohalogen Compd. 2001. Vol. 51. P. 336 – 339.

Jenssen B.M., Nilssen V.H., Murvoll K.M., Skaare J.U. PCBs, TEQs and plasma retinol in grey heron (*Ardea cinerea*) hatchlings from two rookeries in Norway // Chemosphere. 2001. Vol. 44. P. 483 – 489.

Kannan K., Kumar K.S., Takasuga T., Giesy J.P., Masunaga S. Accumulation and elimination of PCDD/PCDF and organochlorine pesticides in bald eagles from Michigan, USA // Organohalogen Compd. 2002. Vol. 57. P. 431 – 434.

Kumar K.S., Bowerman W.W., Travis D.V.L., Takasuga T., Masunaga S. Levels of PCDD/PCDF and dioxin-like PCBs in blood of black and turkey vultures from Savannah river site, South California, USA // Organohalogen Compd. 2002. Vol. 58. P. 461 – 464.

Maervoet J., Chu S.G., Vos S. de, Covaci A., Voorspoels S., Schrijver R. de, Schepens P. Accumulation and tissue distribution of selected polychlorinated biphenyl congeners in chickens // Chemosphere. 2004. Vol. 57. P. 61 – 66.

Nakata H., Hirakawa Y., Kawazoe M., Nakabo T., Arizono K., Abe S.-I., Kitano T., Shimada H., Watanabe I., Li W., Ding X. Concentrations and compositions of organochlorine contaminants in sediments, soils, crustaceans, fishes and birds collected from lake Tai, Hangzhou Bay and Shanghai city region, China // Environ. Pollution. 2005. Vol. 133, № 3. P. 415 – 429.

Wienburg C.L., Shore R.F. Factors influencing liver PCB concentrations in sparrowhawks (*Accipiter nisus*), kestrels (*Falco tinnunculus*) and herons (*Ardea cinerea*) in Britain // Environ. Pollution. 2004. Vol. 132, № 1. P. 41 – 50.