

Г.С. Ширапова, канд. биол. наук, науч. сотрудник
Байкальский институт природопользования СО РАН

УДК 504.4.054+504.054(1/9)

АККУМУЛЯЦИЯ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ СЕЛЕНГИ

Установлены современные уровни содержания ПХБ в мягких тканях моллюсков, печени рыбы, донных отложениях и природной воде дельты реки Селенги (залив Сор Черкалов) методом современной хромато-масс-спектрометрии. Идентифицированы источники поступления ПХБ в водную экосистему. Установлена высокая степень аккумуляции ПХБ в печени рыбы.

Ключевые слова: полихлорированные бифенилы, биоаккумуляция, оз. Байкал.

G.S. Shirapova, Cand. Sc. Biology

ACCUMULATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN THE SELENGA RIVER DELTA

The levels of PCBs were determined in the soft tissues of bivalved mollusks, liver of fish, sediments and surface waters of the Selenga River delta (the Bay Sor Cherkalov) using modern method of gas chromatography-mass spectrometry. The sources of PCBs inputs were identified in the aquatic ecosystem. The high degree for accumulation of PCBs in liver of fish were determined.

Key words: polychlorinated biphenyls, bioaccumulation, Lake Baikal.

Введение

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) относятся к стойким органическим загрязнителям (СОЗ) и являются веществами антропогенного происхождения, т.е. веществами, которые не образуются в природе и попадают в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности человека. Озеро Байкал находится в южной части Восточной Сибири и является крупнейшим природным резервуаром пресной воды. Дельта р. Селенга является естественным биофильтром и индикатором состояния оз. Байкал [1].

Как известно, поверхностные воды отражают текущее загрязнение водных экосистем. Донные отложения являются депонирующими средами, отражающими, в отличие от воды, не текущее, а накопленное за длительный период загрязнение водного объекта. Наличие зависимостей между содержанием ПХБ в поверхностной воде, донных отложениях и биоте с абсолютно различными видами метаболизма (двустворчатый моллюск, плотва, щука) позволяет использовать эти объекты окружающей среды для оценки загрязнения ПХБ дельты р. Селенга на примере залива Сор Черкалов. Для анализа содержания ПХБ в биоте использованы мягкие ткани моллюска и печень рыбы, которая наиболее четко отражает степень биоаккумуляции органических загрязнителей.

Достоверная информация об уровне загрязнения уникальной экосистемы озера Байкал, а также анализ путей поступления загрязнителей в озеро, степени биоаккумуляции данных экотоксикантов в водных организмах необходимы для принятия эффективных мер по сохранению экосистемы озера.

Объекты и методика исследований

Объектами исследования при определении уровней загрязнения ПХБ дельты р. Селенга являлись пробы донных отложений, поверхностной воды, мягкие ткани двустворчатого моллюска *Colletopterum*, печень плотвы *Rutilus Rutilus* и щуки *Esox lucius*, отобранные в летний период 2010-2012 гг. в заливе Сор Черкалов. Популяция двустворчатого моллюска была представлена преимущественно 4–7-летними особями (56 экземпляров) со средними линейными размерами 68 мм и массой 50 г. Экземпляры плотвы (8 экземпляров)

были представлены особями 3-8 лет со средней массой 138 г и средней общей длиной $TL=23$ см. Возраст экземпляров щуки (30 экземпляров) составил от 1 года до 6 лет со средней массой 332 г и средней общей длиной $TL=41$ см. Методом хроматомасспектрометрии определено суммарное количество ПХБ содержащих 4, 5 и 6 атомов хлора в исследованных объектах.

Пробы донных осадков отбирали с приповерхностного слоя донных отложений до 5-10 см. Образцы просушивались при комнатной температуре, просеивались через сито с размером ячейки 0,4 мм. Образцы проб поверхностной воды консервировали добавлением концентрированной соляной кислоты. ПХБ экстрагировали из 10 г донных отложений 50 мл хлористого метилена и очищали пропусканием через колонку с активированным оксидом алюминия при комнатной температуре. Затем экстракты концентрировали на ротационном испарителе примерно до 1–2 мл, затем досуха, а полученный сухой остаток растворяли в 1 мл ацетона и подвергали хроматографическому анализу.

Пробоподготовка поверхностной воды состояла в экстракции ПХБ из 2 л поверхностной воды, 50 мл хлористого метилена и очистки полученных экстрактов пропусканием через колонку с активированным оксидом алюминия. Полученные экстракты подвергали концентрированию и хроматографическому анализу.

Для анализа полученных экстрактов был использован метод хроматомасспектрометрии (газовый хроматограф Agilent Technologies (АТ) 6890N с масс-селективным детектором АТ 5975N и автосамплером АТ 7683В) в режиме детектирования по индивидуальным характеристичным ионам определяемых соединений. Анализируемые компоненты разделяли на капиллярной кварцевой колонке HP-5MS длиной 30 м, диаметром 0,25 мм и толщиной покрытия 0,25 мкм. Условия газохроматографического определения: температура детектора 280°C, температура источника ионов 230°C, температура квадруполя 150 С°, газ-носитель гелий. Температура термостата колонки увеличивалась от 50°C (время выдержки 2 мин) до 280°C (время выдержки 20 мин) со скоростью 10°C/мин. Задержка включения катода источника ионов для прохождения пика растворителя составляла 5 минут. В качестве стандарта ПХБ использовался ГСО 7821-2000.

Результаты исследований и их обсуждение

В поверхностной воде залива Сор Черкалов среднее содержание ПХБ составило 2,3 нг/л. Для оценки экологического состояния (качества) поверхностных вод рассматриваемой экосистемы было проведено сравнение полученных результатов с нормативами по содержанию стойких органических загрязнителей в воде. Во всех пробах концентрации ПХБ не превышали ПДК для воды водных объектов хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования (0,001 мг/л) [2]. Содержание ПХБ в 12 % отобранных проб поверхностных вод дельты превышало предельно допустимые концентрации ПХБ для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение (0,01 мкг/л) [3]. Данный факт свидетельствует о возможности накопления полихлорированных бифенилов водными организмами.

В донных отложениях залива Сор Черкалов среднее содержание ПХБ составило 1,5 нг/г. Экологическое нормирование содержания загрязняющих веществ в донных отложениях осуществляется посредством сопоставления их концентраций с регламентирующими показателями (ПДК). В России отсутствуют утвержденные экологические нормативы содержания загрязняющих веществ для донных отложений. Поэтому при оценке экологического состояния донных отложений исследуемой водной экосистемы была использована интегральная методика, которая применяется при оценке состояния донных отложений пресноводных экосистем Северной Америки [4, 5]. Результаты сравнения содержания ПХБ в донных отложениях залива Сор Черкалов с принятыми критериями свидетельствуют о возможности негативного воздействия ПХБ на биоту водоема.

В мягких тканях двустворчатых моллюсков содержание ПХБ составило 1,5–7,5 нг/г сырого веса. Полихлорированные бифенилы были обнаружены во всех образцах печени рыб, исследованных в данной работе. Причем частота обнаружения ПХБ, во всех образцах соста-

вила 100%. Концентрации соединений группы ПХБ в печени плотвы изменялись в интервале 9,1–29,8 нг/г сырого веса. В печени щуки данный интервал составил 54,0–405,7 нг/г сырого веса. Установлена высокая аккумулятивная способность ПХБ, что отражает их устойчивость и интенсивное использование в прошлом на Байкальской природной территории.

Процентное соотношение тетра-, пента- и гексахлорбифенилов в исследованных образцах воды и донных отложений практически соответствовало составу технической смеси "Совол". Установлено, что в моллюсках процент высокохлорированных бифенилов был несколько выше, чем в воде и донных отложениях, так как по мере включения ПХБ в биологические пищевые цепи происходит потеря низкохлорированных компонентов вследствие селективной биотрансформации. В печени плотвы и щуки соотношение тетра-, пента- и гексахлорбифенилов соответствовало составу технической смеси «Совол».

Таким образом, ПХБ, обнаруженные в водной экосистеме залива Сор Черкалов, имеют локальное происхождение, поскольку в спектре соединений присутствуют ПХБ с большим числом атомов хлора, а для глобального переноса характерны более летучие ПХБ с малым числом атомов хлора. Предполагаемым источником поступления в бассейн реки Селенги является широкое использование в прошлом электротехнического оборудования, содержащего ПХБ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 12-05-31365, № 12-05-90825 мол_рф_нр, № 11-05-01069-а).

Библиография

1. Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал/ отв. ред. А.К. Тулохонов, А.М. Плюснин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-е (Интеграционные проекты СО РАН; вып.15). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 314 с.
2. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03». – М., 2003. – 94 с.
3. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.
4. MacDonald D.D., Ingersoll C.D., Berger T.A. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems // Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2000. –Vol. 39. – P. 20–31.
5. Persaud D., Jaagumagi R., Hayton A. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario // Water Resources Branch, Ontario Ministry of the Environment. – Toronto, 1993. – 27 p.

Bibliography

1. The Selenga river delta- natural biofilter and indicator of Lake Baikal condition / Ed. by A.K. Tulokhonov, A.M. Plusnin; Russ. Acad. of Sciences, Sib. Branch (SB RAS Integrated Projects; Issue 15). – Novosibirsk: SB RAS Publishing House, 2008. – 314 p.
2. Hygienic regulations «Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water of household-drinking and community water objects. HR 2.1.5.1315-03». – М., 2003. – 94 p.
3. The list of fishery regulations: the maximum permissible concentration (MPC) and the occupational exposure limits (OEL) for hazardous substances in water objects with commercial fishing importance. VNIRO Publishing House. – М., 1999. – 304 p.
4. MacDonald D.D., Ingersoll C.D., Berger T.A. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems // Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2000. –Vol. 39. – P. 20–31.
5. Persaud D., Jaagumagi R., Hayton A. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario // Water Resources Branch, Ontario Ministry of the Environment. – Toronto, 1993. – 27 p.