

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ МАКРО и МИКРО КОМПОНЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА в оз. БАЙКАЛ. Сообщение 2.

Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Кузьмин М.И.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск. e-mail: ice_baikal@mail.ru

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) – это группа особо опасных соединений, включающих полихлорированные дибензо-пара-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), хлорорганические пестициды (ДДТ, ГХЦГ, хлорданы, ГХБ, алдрин и др.), полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ) и др. Для соединений этой группы характерны высокая устойчивость в окружающей среде, накопление по пищевой цепи, токсичность для человека и других живых организмов. СОЗ способны переноситься на большие расстояния от места их образования или применения. СОЗ подпадают под действие нескольких международных соглашений, подписанных Россией, таких, как Стокгольмская конвенция по СОЗ, Базельская конвенция, Орхузский протокол по дальнему трансграничному воздушному переносу (CLRTAP).

Обнаруженная обратная корреляция между зимним содержанием азота и весенней концентрацией хлорофилла-а в водах открытого Байкала в 1987-1988 гг. позволили сделать вывод о нахождении токсикантов в водах озера [Тарасова, Мещерякова, 1992; Tarasova et al., 1997]. Именно это явление и послужило началом к изучению стойких органических загрязнителей – полихлорированных дибензо-пара-диоксинов (ПХДД), дибензофуранов (ПХДФ) и бифенилов (ПХБ) в биоте озера и почве бассейна озера.

Первые данные о содержании диоксинов и родственных соединений (ПХДД/Ф и ПХБ) в биоте оз. Байкал получены в 1988-90 гг. в результате российско-американского сотрудничества [Schecter et al., 1992]. С 1989 г. исследования ПХДД/Ф и ПХБ в оз. Байкал проводятся под руководством академика Г.И. Галазия и академика М.И. Кузьмина в составе Байкальского экологического музея, Отдела экологических исследований Прибайкалья, а затем Института геохимии СО РАН вместе с НПО «Тайфун», а с 1995 года с учеными из Германии, Финляндии, Швеции [Тарасова и др., 1997; Tarasova et al., 1997; Mamontova et al., 1997; Мамонтов и др., 1998; Mamontov et al., 1998; Tarasova et al., 1999; Мамонтова и др., 2000; Mamontov et al., 2000; Мамонтов, 2001; Мамонтова, 2001; Мамонтова и др., 2001; Кузьмин и др., 2003; Мамонтова и др., 2003; Полихлорированные бифенилы..., 2005 и др.].

Известно, что в результате работы целлюлозно-бумажных предприятий с хлорным отбеливанием образуются, как побочные продукты, диоксины и фураны (ПХДД, ПХДФ) [Tarasova et al., 1999]. Конгенерный состав ПХДД/Ф в сточных водах Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) показал значительное сходство с конгенерным составом ПХДД/Ф в донных отложениях, зоопланктоне, отловленном вблизи от БЦБК. Весомый вклад вносят и инсенинаторные установки комбината. По данным ИГМУ сточными водами БЦБК за 30 лет работы в Байкал поступило 2597 г (ТЕQ) ПХДД/Ф [Государственный доклад областного комитета по охране природы, 1997], что сравнимо с выбросом в окружающую среду в Севезо (Италия) в 1976 г., приведшем к эвакуации людей с загрязненной территории и проведением дорогостоящих мероприятий по ликвидации последствий и мониторингу, которые ведутся до сих пор.

Уровни эквивалентов токсичности (ТЕQ) ПХДД/Ф в донных отложениях, отобранных с глубоководных обитаемых аппаратов МИР в южной котловине оз. Байкал около БЦБК в 2010 году [Кузьмин и др., 2011], находились в тех же пределах, что и в 1997 году [Грошева и Сурнина, 1998] Это говорит о высокой стабильности данных соединений и сохранении прежней ситуации с загрязнением диоксинами и родственными соединениями экосистемы Байкала, что и в 1990-х гг.

ТЕQ диоксинов в донных отложениях около БЦБК выше, чем в дельте р. Селенги и в донных отложениях Северного Байкала [Мамонтов, 2001]. Наибольшие концентрации ПХДД/Ф и ПХБ, превышающие ПДК, в рыбах (голомянках) оз. Байкал также обнаружены в южной котловине. При этом концентрации ПХДД/Ф в рыбах возле БЦБК в конце 1990 и 2000-х годах [Mamontov et al., 1997; Мамонтов, 2001; Мамонтова и др., 2009; Kuzmin et al., 2009] сравнима с уровнями в рыбах в конце 1980-х [Schecter et al., 1992]. Концентрации ПХДД/Ф и ПХБ выше ПДК для пищевых продуктов, используемых для питания детей, также обнаружены в ценных промысловых видах рыб, например, в сигах [Kuzmin et al., 2009].

Байкальская нерпа является вершиной пищевой цепи в озере Байкал, поэтому концентрации ПХДД/Ф и ПХБ в тканях нерпы могут служить показателем загрязнения экосистемы Байкала. Получены высокие величины концентраций ПХДД/Ф в организме взрослых нерп, сравнимые с уровнями в кольчатых тюленях Балтийского моря [Тарасова и др., 1997; Tarasova et al., 1997; Mamontov et al., 1997]. Сравнение концентраций ПХБ в жире нерпы с действующими и недействующими концентрациями [АМАР, 1998] позволяет предположить наличие проявлений неблагоприятных эффектов у детенышей нерпы, нарушение иммунной и репродуктивной систем организма. По мнению исследователей из Японии [Nakata et al., 1995] повышенные концентрации хлорорганических соединений в организме нерп стали причиной снижения иммунитета, что вызвало эпидемию среди нерп и массовую гибель нерп от чумки плотоядных в 1987-88 гг.

Кроме того, местное население традиционно использует в пищу рыбу и, особенно, мясо и жир нерпы. Топленый жир нерпы используется в качестве добавки в пищу в течение всего года. Известно, что потребление мяса и жира водных млекопитающих при высоких концентрациях диоксинов и родственных соединений в них может приводить к повышенному воздействию на здоровье населения (например, население Фарерских островов, которое использует в пищу мясо и жир обыкновенных гринд, морских птиц и рыбу, в которых обнаруживаются высокие концентрации СОЗ и ртути) [Fangstrom et al., 2004].

Уровни ПХБ и ПХДД/Ф в грудном молоке жительниц пос. Онгурен, расположенном в труднодоступной местности на западном берегу Байкала, сравнимы с подобной когортой на Фарерских островах, где также используют в пищу морских млекопитающих [Fangstrom et al., 2004] и также с концентрациями, найденными у жительниц г. Серпухова, работавших на трансформаторном заводе, где в производстве использовался Совол (техническая смесь ПХБ) в начале 1992х годов [Плескачевская и Бобовникова, 1992]. Эта группа характеризуется высокими концентрациями ПХБ и ТЕQ ПХДД/Ф. Большой вклад в суммарный эквивалент токсичности диоксинов и родственных соединений вносят 2,3,7,8-ТХДД и 1,2,3,7,8-ПнХДД, по сравнению с другими группами, что характерно также для конгенерного состава, найденного в байкальских нерпах [Mamontov et al., 1997].

Индекс опасности возникновения неканцерогенных заболеваний у человека при потреблении только 10 г в неделю жира детенышей байкальской нерпы превышает 1 для всех органов и систем мишеней (ЦНС, эндокринной, иммунной, репродуктивной систем, печени и др.), т.е. возможны нарушения со стороны перечисленных органов и систем организма. Канцерогенный риск при данных условиях будет достигать $5,4 \times 10^{-5}$, что соответствует 54 дополнительным случаям рака среди 1 млн. населения и превышает приемлемый уровень риска (1×10^{-6}).

Таким образом, полученные уровни СОЗ в оз. Байкал могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье, как его обитателей, так и людей, проживающих на его берегах и использующих в пищу рыбу и жир нерпы.

Исследования проведены в рамках международного сотрудничества с Университетом г. Байройта (Германия), с Институтом исследования Балтийского моря в Университете Росток, (Германия), с лабораторией ERGO, Гамбург (Германия), с Норвежским Институтом

исследования атмосферы (Норвегия), с Институтом программных систем РАН (Россия), при финансовой поддержке грантов РФФИ, INTAS, фонда МакАртуров.

Выполненные исследования поддержаны грантами РФФИ № 04-05-64870, № 07-05-00697, № 10-05-00663 и INTAS 2000-00140.

Литература

Государственный доклад «Экологическая обстановка в Иркутской области в 1996 году» Иркутского областного комитета по охране окружающей среды и природных ресурсов Минприроды РФ. – Иркутск, 1997. – 225 с.

Грошева Е.И., Сурнина Н.Н. Полихлорированные углеводороды в экосистеме озера Байкал // Экология. 1998. № 4. С. 324-326.

Кузьмин М.И., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А., Черняев Е., Амирова З. Диоксины в донных отложениях Южного Байкала, отобранных на подводных аппаратах «Мир 2» // Тезисы докладов VIII Всероссийской конференции по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика-2011». – Архангельск: Северный федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2011. – С. 156

Кузьмин М.И., Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Хомутова М.Ю. Эколого-гигиенические аспекты загрязнения диоксинами и родственными соединениями окружающей среды Байкальского региона (в системе снег-почва-биота-человек): проблемы и пути решения // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2003. № 2. С. 42-45.

Мамонтов А.А. Полихлорированные дибензо-пара-диоксины и родственные соединения в экосистеме озера Байкал. – М.: Академия наук о Земле, 2001. – 68с.

Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Галазий Г.И. Диоксиновая ситуация в Байкале и проблема сохранения его уникального биоразнообразия // Проблемы сохранения биоразнообразия. – Новосибирск, 1998. С. 54-58.

Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н. Источники, уровни, распределение и оценка риска полихлорированных дибензо-пара-диоксинов, дибензофуранов и бифенилов в Байкальском регионе // В сб.: Диоксины – супертоксианты XXI века. Озеро Байкал. Регионы России. – М.: ВИНТИ, 2001. № 6. С. 54-165.

Мамонтова Е.А. Гигиеническая оценка загрязнения диоксинами и родственными соединениями окружающей среды Иркутской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. – 141 с

Мамонтова Е.А., Мамонтов А.А., Тарасова Е.Н., Чувашев Ю.А. Загрязнение ПХБ снегового покрова Иркутской области // География и природные ресурсы. 2001. № 3. С. 133-136.

Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А. Биоиндикация загрязнения хлорорганическими соединениями почв (на примере Прибайкалья) // Агрохимия. 2009. № 5. С. 62-68.

Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Маклахлан М.С., Литвинцев А.Н. Полихлорированные дибензо-п-диоксины, дибензофураны и бифенилы в продуктах питания в Иркутской области: концентрации, суточная доза и канцерогенный риск // Экологическая химия. 2003. № 12(1). С. 47-56.

Мамонтова Е.А., Мамонтов А.А., Тарасова Е.Н. Загрязнение диоксинами и родственными соединениями окружающей среды Иркутской области (гигиенические аспекты проблемы). Методическое пособие. – Иркутск: изд-во ин-та географии СО РАН, 2000. – 48 с.

Плескачевская Г.А., Бобовникова Ц.И. Гигиеническая оценка загрязнения хлорированными бифенилами окружающей среды в Серпухове // Гигиена и санитария. 1992. № 7-8. С. 16-19

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) в Байкальском регионе: источники, дальний перенос и оценка риска (результаты гранта ИНТАС № 2000-00140. / Отв. ред. М.И. Кузьмин. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. – 52 с.

Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Пастухов М.В. Уровень содержания диоксинов и фуранов в Байкальской нерпе // ДАН. 1997. Т. 354. № 5. С. 713-718.

Тарасова Е.Н., Мещерякова А.И. Современное состояние гидрохимического режима оз. Байкал. – Новосибирск: Наука, 1992. – 150 с.

АМАР, 1998. АМАР Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (АМАР), Oslo, Norway. 1998. – 859 p.

Fängström B., Strid A., Athanassiadis I., Grandjean P., Weihe P., Bergman Å. A retrospective time trend study of PBDEs and PCBs in human milk from the Faroe Islands // *Organohalogen Compound*. 2004. V. 66. P. 2829-2833.

Kuzmin M.I., Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.M., Khomutova M.Iu. PCBs and OCPs in fish from Lake Baikal, delta of the Lena River and Baunt lakes, Russia // *Organohalogen Compounds*. 2009. V. 71. P. 1766-1771.

Mamontov, A.A. Mamontova E.A., Tarasova E.N. and McLachlan M.S.. PCDD/Fs in soil and sediment from the Baikal region // *Organohalogen Compounds*. 1998. V. 39. P. 327-330.

Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N. and McLachlan M.S. Levels PCDD/Fs in omul from Lake Baikal // *Organohalogen Compounds*. 1998. V. 39. P. 323-326.

Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., Pastuhov M.B., Lutz H., McLachlan M.S. Dynamics of PCDDs and PCDFs in the pelagic food web of Lake Baikal // *Organohalogen compounds*. 1997. V. 32. P. 272-277.

Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., McLachlan M.S and Anoshko P.N. Assessment of PCDD, PCDF and PCB pollution in Lake Baikal using two species of sculpins: *Comephorus baicalensis* and *Comephorus dybowskii* // *Organohalogen compounds*. 1998. V. 39. P. 319-322.

Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., McLachlan M.S. Tracing the Sources of PCDD/Fs and PCBs to Lake Baikal // *Environ. Sci. & Technol*. 2000. V. 34, № 5. P. 741-747.

Mamontova E.A., Mamontov A.A., Matorova N.I., Tarasova E.N., Chuvashv U.A. PCB in snow of the Baikal region // *Organohalogen compounds*. 1997. V. 32. P. 72-75.

Mamontova E.A., Mamontov A.A., Tarasova E.N. and McLachlan M.S.. PCDDs, PCDFs and PCBs in food from the Irkutsk Oblast, Russia // *Organohalogen compounds*. 1998. V. 38. P. 135-139.

Mamontova E.A., Mamontov A.A., Tarasova E.N., Kolesnikov S.I., Furst P., Papke O., Ryan J.J., McLachlan M.S. PCDD/Fs in human milk and blood samples from a contaminated region near Lake Baikal // *Organohalogen compounds*. 1999. V. 44. P. 37-40.

Nakata H., Tanabe S., Tatsukawa R., Amano M., Miyazaki N., Petrov E.A. Persistent organochlorine residues and their accumulation kinetics in Baikal seal (*Phoca sibirica*) from Lake Baikal, Russia // *Environ. Sci. Technol*. 1995. V. 29, № 11. P. 2877-2885.

Schechter A., Furst P., Furst C., Grachev M., Beim A., Koptug V. Levels of dioxins, dibenzofurans and selected other chlorinated organic compounds in food from Russia. // *Chemosphere*. 1992. V. 25, № 12. P. 2009-2015.

Tarasova E.N., Mamontov A.A., Mamontova E.A., Galazy G.I. Correlation of PCB concentration with component content of trophic status in Lake Baikal. // *Organohalogen compounds*. 1997. V. 32. P. 263-267.

Tarasova E.A., Mamontov A.A., Mamontova E.A. Pollution and eutrophication in Lake Baikal // *Journal of Lake Science*. 1999. V. 10. P. 165-178.

Tarasova E.N., Mamontov A.A., Mamontova E.A. Klasmeier, J., McLachlan M.S.. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in Baikal seal // *Chemosphere*. 1997. V. 34, No. 11. P. 2419-2427.