

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В СНЕГЕ И ПОЧВЕ БАЙКАЛА И БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н.

*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, ГХБ).

Для соединений этой группы характерны высокая устойчивость в окружающей среде, накопление по пищевой цепи до уровней, в десятки тысяч раз превышающих уровни, обнаруживаемые в окружающей среде, токсичность для человека и других живых организмов (являются причиной канцерогенных заболеваний, нарушений развития, репродуктивных и иммунологических расстройств, эндокринных нарушений и др.). СОЗ способны переноситься на большие расстояния от места их образования или применения.

ПХДД и ПХДФ являются побочными продуктами, образующимися в результате различных процессов (термические, хлорорганический синтез и т.д.). Другие соединения этой группы широко использовались в сельском и лесном хозяйстве (хлорорганические пестициды), в электротехнической промышленности (ПХБ). ДДТ запрещен к использованию на территории Иркутской области в 1972 г., ГХЦГ и ГХБ использовались в сельском хозяйстве до конца 1980х годов. ПХБ-содержащее оборудование используется или хранится на территории области до сих пор.

Для обеспечения защиты населения и окружающей среды от неблагоприятного воздействия подобных соединений принимаются меры на национальном, региональном и международном уровнях, предусматривающие «сокращение и/или ликвидацию эмиссий, выбросов и, когда необходимо, прекращение производства и применения» [Буччини, 1998]. Среди них следует отметить Глобальную конвенцию по стойким органическим загрязнителям 1997 г., предложенную ЮНЕП; глобальную программу мер ЮНЕП по защите морской среды от последствий хозяйственной деятельности, проводимой на суше (Вашингтон, 1995 г.); Хельсинскую конвенцию по охране Балтийского моря (Хелком) и Канадско-американское соглашение по Великим озерам (1997 г.) [Буччини, 1998; Федоров, 1993]. 22 мая 2001 года принята Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях, согласно которой страны, подписавшие ее, должны принимать меры по сокращению или устранению выбросов в результате преднамеренного и непреднамеренного производства СОЗ, меры по сокращению или ликвидации выбросов, связанных с запасами и отходами; меры по информированию, повышению осведомленности и просвещению общественности; проводить научные исследования по вопросам: источники и выбросы в окружающую среду; уровни в организме людей и в окружающей среде; перенос в окружающей среде, «судьба» и преобразование; воздействие на здоровье человека и окружающей среды; социально-экономические и культурные последствия и т.д. В 2003 г. Россия в числе других стран подписала и ратифицировала Стокгольмскую конвенцию о СОЗ.

На территории Иркутской области, благодаря богатому ресурсному потенциалу, размещены отраслевые комплексы: топливно-энергетической, химической, лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, цветной металлургии и др. Следует отметить, что значительная часть загрязнения от предприятий поступает в окружающую среду с их атмосферными выбросами. В связи с тем, что снеговой покров в Иркутской области лежит довольно продолжительное время, 5-6 месяцев, он может являться показателем загрязнения атмосферы за этот период времени.

Анализ ПХБ проводился по методу, описанному в [Мамонтов, 2001] с использованием газового хроматографа HP-5890, оснащенного детектором электронного захвата.

С конца февраля – начало марта 1994 г. пробы снегового покрова отбирались в рамках снегоотбора, организованного Институтом геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, по профилям: Иркутск-Листвянка, Баяндай-Иркутск-Слюдянка, Иркутск-Голоустное, Муруй-Жигалово, а также по побережью Южного Байкала от Слюдянки до Танхоя, в Тункинской долине и в городах: Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Зима, Саянск, Байкальск, Слюдянка, Шелехов. Выбор данной схемы пробоотбора определялся с учетом доминирующих ветров, различных типов ландшафтов и размещения промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Пробы отбирались металлическим пробоотборником в чистые полиэтиленовые пакеты. При отборе учитывались расстояние от магистралей (не менее 150 м), толщина снегового покрова, площадь, с которой был произведен отбор проб снега. Отбор проб почв производился методом конверта почвенным буром на глубину до 20 см. До проведения анализа пробы хранились при -30°C .

Исследованию СОЗ в Байкальском регионе посвящено множество статей, охватывающих самые различные компоненты экосистемы озера Байкал [Мамонтов, 2001; Мамонтова, 2001; Mamontov et al., 2000; Iwata et al., 1995; Полихлорированные бифенилы..., 2005].

Сумма ПХБ в снеговом покрове изменялась от 0.02 мкг/л до 1.09 мкг/л. Исходя из измеренной при пробоотборе площади, с которой был собран снег, а также количества снега, выпавшего за весь период снегостояния, был произведен расчет потоков. По уровню накопления ПХБ можно выделить одну большую территорию с относительно высоким уровнем нагрузки (больше 8 мкг/м²) (район гг. Ангарска, Усолья-Сибирского, Иркутска, Шелехова) и небольшие зоны: между пос. Усть-Орда и Оек, ж/д ст. Подкаменная, пос. Култук, пос. Худяково, пос. Бурдаковка, пос. Листвянка и район Мурино. В районе поселков Муруй, Залари, Балаганска и Аршан также отмечаются незначительные увеличения (2-6 мкг/м²) по сравнению с фоновыми уровнями (меньше 2 мкг/м²), к которым можно отнести концентрации, найденные в Тункинской долине, за исключением Аршана.

Неоднородность в пробах снега из разных районов Иркутской области характерна и для гомологического состава ПХБ. Практически во всех пробах детектируются в основном тетра-, пента- и гексахлорзамещенные гомологи ПХБ и только в отдельных пробах найдены гомологи с одним, семью и десятью атомами хлора. Гомологи же с двумя, тремя, восемью атомами хлора не были детектированы. Однотипный гомологический состав ПХБ обнаружен в снеговом покрове, отобранном в городах Зима, Черемхово, Слюдянка и Байкальск и на некоторых станциях по профилям Иркутск-Листвянка и Баяндай-Иркутск-Слюдянка. В пробах доминируют пентахлорированные гомологи. Присутствуют также тетра- и гексахлорированные гомологи, причем концентрация первого обычно выше концентрации второго. Данный гомологический состав подобен таковому в соволе. На остальных территориях картина гомологического состава обусловлена атмосферным переносом, а также влиянием местных источников – домашних печей, которые имеют благоприятные для ПХБ и других хлорорганических соединений условия образования.

Сравнение с данными литературы показало, что обнаруженные нами концентрации ПХБ достаточно высоки и близки только к найденным по 100 конгенерам ПХБ в снеге, отобранном около мусороперерабатывающего завода (табл.).

Таким образом, для ПХБ наблюдается закономерность: повышенные величины их концентраций в городах Иркутской области, минимальные уровни накопления приходятся на снег, отобранный в Тункинской долине и на льду Байкала.

Полученная картина распределения ПХБ в прибрежных почвах озера Байкал позволяет говорить о значимом влиянии локального воздушного переноса на возможность существенного загрязнения озера Байкал ПХБ от местных источников и о существенном влиянии климатических факторов (температуры, направления преобладающих ветров, увлажнения/вымывания территории) на особенности конгенерспецифического распределения токсикантов в различных условиях.

Было найдено, что уровни концентраций ПХБ в почвах Байкальского региона соответствуют широкому диапазону (до 2000 раз) с максимальными концентрациями в районе Химпрома г. Усолья-Сибирского и минимальными в удаленных горных районах Баргузинского хребта [Полихлорированные бифенилы..., 2005]. Распределение ПХБ и ПХДД/Ф в почвах хорошо согласуются, поэтому ПХБ могут служить своеобразным индикатором концентраций ПХДД/Ф в почвах. Максимально найденные концентрации ПХБ соответствовали техногенным, зараженным зонам технически развитых стран Западной Европы и США. Минимальные – удаленным и химически незагрязненным почвам Новой Зеландии, Бразилии, Австралии. Распределение концентраций ПХБ в почвах побережья озера Байкал неоднородно. Высокие концентрации обнаружены в районе г. Байкальска до 59 нг/см², байкальского створа «Ангарской воздушной трубы» в порту Байкал и пос. Лиственичное, 14 и 14.2 нг/см², соответственно, на противоположном берегу по речкам Аносовке, Верхней Хандагайте, Ключевой (70-80 нг/см²). Согласно полученным данным было найдено, что в Байкал к 1998 году посредством атмосферного переноса уже поступило 8 тонн ПХБ [Mamontov et al., 2000].

Таблица.

Сравнение полученных результатов с данными литературы.

| Место отбора | Концентрация, нг/л | Источник |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|
| Снег из Северного Атлантического океана | 3.45-4.56 | [Strachan et al., 1998] |
| Север Норвегии | ~1 (измерялось 12 конгенов ПХБ) | [Enge et al., 1998] |
| Канада | 0.086 | [Norstrom et al., 1994] |
| Канада, возле мусороперерабатывающего завода | 31.00-45.00 (измерялось 100 конгенов ПХБ) | [Blais et al., 1998] |
| Полуостров Таймыр и море Лаптева | ~ 10 (измерялось 7 конгенов ПХБ) | [АМАР, 1998] |
| Тункинская долина | 57.75 (11.03-83.33) | Наст. иссл. |
| Тракт Иркутск-Баяндай | 107.90 (23.00-380.00) | Наст. иссл. |
| Тракт Иркутск-Слюдянка | 120.70 (9.20-480.00) | Наст. иссл. |
| Тракт Муруй-Жигалово | 34.44 (20.00-60.00) | Наст. иссл. |
| Тракт Иркутск-Голоустное | 46.70 (20.00-80.00) | Наст. иссл. |
| Тракт Иркутск-Листвянка | 139.00 (23.00-1096.00) | Наст. иссл. |
| Города Иркутской области | 186.41 (30.60-490.90) | Наст. иссл. |

Исследования прибрежных почв озера Байкал подтвердили существование самой проблемной зоны – южной части озера Байкал в районе г. Байкальск и 150 километровой зоне его максимального воздушного влияния вдоль южного и юго-восточного побережья Байкала. Эмиссия ПХБ, вероятно, осуществляется через крупные печи сжигания и оседает на склонах Хамар-Дабана. Концентрации ПХБ здесь достигают 90 нг/см² и являются максимальными для прибрежных зон Байкала. Даже концентрации, найденные по оси «ангарской воздушной трубы», оказались в два-три раза меньшими, чем локальный воздушный перенос из района г. Байкальск. Также было найдено, что хребет Хамар-Дабан не является непреодолимой преградой для межрегионального переноса, и часть ПХБ вместе с воздушными массами поступает через низкие перевалы в долину р. Темник и, вероятно, далее по направлению северо-западного переноса.

Другой проблемной зоной является зона плавного роста концентраций ПХБ к разрезу м. Кабаний - м. Елохин с максимальными уровнями ПХБ 49 и 25 нг/см², соответственно. В этом районе расположен некий источник эмиссии ПХБ, что также подтверждается и изменением конгенового состава токсикантов.

Найдены интересные закономерности высотного распределения индивидуальных соединений ПХБ. Оказалось, что западное побережье Байкала более соответствует

классической теории распределения СОЗов по высоте, в то время, как восточное и особенно Хамар-Дабан испытывают сильное «вымывающее» влияние большого количества осадков, образующихся в результате насыщения водой воздушных масс западного переноса над Байкалом и последующего ее выпадения на восточном побережье. Концентрации остальных частей прибрежных почв Байкала колебались в диапазоне от 4 до 20 нг/см².

Найденные на восточном побережье более высокие (сравнительно с западным побережьем Байкала) концентрации СОЗ требуют выяснения причин такого различия. Является ли такое повышение концентраций следствием растущей техногенной нагрузки на озеро или причина кроется в особенностях перераспределения токсикантов внутри экосистемы.

Сравнивая результаты 1997г. и настоящего исследования, существенных различий в концентрациях ПХБ найдено не было. Имеющиеся различия в конгенерном составе могут быть следствием использования различных методов определения. Общая же тенденция – уменьшения со временем процентного содержания низкохлорированных ПХБ в зонах максимального загрязнения может свидетельствовать о том, что в настоящее время идет перераспределение составов ПХБ в почвах под воздействием климатических факторов.

Работы выполнены при поддержке грантов INTAS 2000-00140, РФФИ №04-05-64870, №07-05-00697, №10-05-00663, №10-05-93173, Интеграционных проектов № 53 и 4.16.

Литература

Буччини Д. Стойкие органические загрязнители (СОЗ): последние события на межправительственном форуме по безопасности химических веществ (IFCS) // Материалы субрегионального совещания по выявлению и оценке выбросов стойких органических загрязнителей (СОЗ). – М.: Центр международных проектов, 1998. С. 29-37.

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

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

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) в Байкальском регионе: источники, дальний перенос и оценка риска (результаты гранта INTAS 2000-00140) / Отв. Ред М.И. Кузьмин. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. – 52 с.

Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспективы и перспективы. – М.: Наука, 1993. – 272 с.

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

Blais J.M., Froese K.L., Schindler D.W., Muir D.C.G. Assessment of PCB in snow and lake sediments following a major release from the Alberta special waste treatment centre near Swan hills, Alberta, Canada // Organohalogen Compounds. 1998. V. 39. P. 189-192.

Enge E.K., Heimstad E.S. and Kallenborn R. Distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) in snow samples in northern Norway // Organohalogen Compounds. 1998. V. 39. P. 435-438.

Iwata H., Tanabe S., Ueda K., Tatsukawa R. Persistent organochlorine residues in air, water, sediments, and soil from the Lake Baikal Region, Russia // Environ. Sci. Technol. 1995. V. 29, № 3. P. 792-801.

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.

Norstrom R.J. Chlorinated hydrocarbon contaminants in the Arctic marine environment // Organohalogen Compounds. 1994. V. 20. P. 541-545.

Strachan W.M.J., Teixeira C.F., Williamson M., Harner T., Bidleman T.F., Kylin H. Concentrations and trends of organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons in the Arctic Ocean (1996) // Organohalogen Compounds. 1998. V. 39. P. 407-410.