

УДК 504.064

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

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, г. Иркутск*E-mail: mamontov@igc.irk.ru**Стойкие органические загрязнители в р. Ангара и Ангарских водохранилищах**

В статье представлен обзор результатов исследования стойких органических загрязнителей: (полихлорированных дибензо-пара-диоксинов (ПХДД), дибензофуранов (ПХДФ), бифенилов (ПХБ), хлорорганических пестицидов (ДДТ, ГХЦГ, хлордана, ГХБ) в атмосферном воздухе, снеговом покрове, почвах, биоте наземных и водных экосистем по долине р. Ангара, Ангарских водохранилищ и прилегающих территорий.

Ключевые слова: стойкие органические загрязнители, ПХДД, ПХДФ, ПХБ, пестициды, трансграничный перенос.

А.А. Mamontov, Е.А. Mamontova, Е.Н. Tarasova

Persistent organic pollutants in Angara river and Angara reservoirs

The paper presents the review of study results of persistent organic pollutants (polychlorinated dibenzo-para-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF), biphenyls (PCB), organochlorine pesticides (DDT, HCH, chlordane, HCB) in air, snow, soil, biota of terrestrial and aquatic ecosystems in the valley of the Angara River, Angara reservoirs and surrounding areas.

Key words: persistent organic pollutants, PCDD, PCDF, PCB, pesticides, transboundary transport.

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

Ангара өзеніндегі және су қоймасындағы тұрақты органикалық ластағыштар

Мақалада Ангара өзенінің және Ангара су қоймаларының және іргелес аймақтарда ауа, қар, топырақ, жер және су экожүйелерінде тұрақты органикалық ластағыштарды (полихлорлы дибензо-пара-диоксиндер (ПХДД), дибензофурандар (ПХДФ), бифенилдер (ПХБ), хлорорганикалық пестицидтер (ДДТ, ГХЦГ, хлордан, ГХБ) зерттеудің нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: тұрақты органикалық ластағыштар, ПХДД, ПХДФ, ПХБ, пестицидтер, трансшекаралық тасымалдау.

Полихлорированные дибензо-пара-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), хлорорганические пестициды (ДДТ, ГХЦГ, хлордан, ГХБ и др.) – представители класса соединений, называемых стойкими органическими загрязнителями (СОЗ). Для них характерны [1] устойчивость в окружающей среде, накопление по пищевой цепи, трансграничный перенос. СОЗ токсичны для человека и других живых организмов. Они оказывают комплексное воздействие на все органы и системы организма, вызывая нарушения развития, репродуктивные

и иммунологические расстройства, эндокринные и другие нарушения, вызывают отдаленные эффекты, включая рак.

СОЗ поступают в окружающую среду множеством способов и в различных количествах, в зависимости от характеристик источника и условий внешней среды. Исследования донных осадков в озерах вблизи промышленных центров США показали, что распространение в окружающей среде диоксинов и фуранов было очень низким примерно до 1920 года, с пиком в 1980 году и уменьшением в дальнейшем [2].

Однажды попав в окружающую среду, СОЗ

поступают во все абиотические и биотические среды. Время их жизни принято характеризовать периодом полураспада, измеряемого порой десятками лет. В водоемы СОЗ поступают путем атмосферного транспорта, с промышленными и хозяйственными сточными водами, со смывом СОЗ на твердых частицах и в растворе с прилегающих территорий. Строительство плотин, приводящее к образованию водохранилищ, изменяет все процессы в бывшей реке, при этом ставя режим новообразованных водоемов в зависимость от потребностей человека. Ангарский каскад водохранилищ один из самых крупных в России и мире, включает Иркутское, Братское, Усть-Илимское и Богучанское водохранилища. Концентрация на берегах Ангара и ее водохранилищ большого количества потенциальных источников СОЗ делает этот объект интересным для изучения поведения СОЗ в водохранилищах с разной степенью антропогенной нагрузки, уровнем трофности. Цель настоящего сообщения – обобщить данные изучения источников и распределения СОЗ в объектах окружающей среды в бассейне р. Ангара, ее водохранилищ и их притоков, проводимых с 1980х гг. [3-20].

Источниками СОЗ в р. Ангаре и Ангарских водохранилищах могут быть или являются:

– Предприятия химической промышленности городов Усолье-Сибирское, Саянск, Братск, Усть-Илимск, Свирск, Ангарск. Особенно опасно сжигание остатков хлорорганического производства, электрохимические процессы с использованием угольных электродов и использование хлора при отбеливании целлюлозы. Во второй половине 1990 х гг. Игнатьевой Л.П. с соавторами оценено содержание и степень опасности диоксинов и родственных соединений в сточных водах Усольехимпрома, Саянскхимпрома и БЛПК (в порядке убывания: «Усольехимпром» - Братский ЛПК - «Саянскхимпром» - БЦБК) [21]. Кроме того, диоксины найдены в твердых отходах и продукции Усть-Илимского ЛПК [3].

– Электротехническое оборудование, содержащее ПХБ, используется до сих пор. По данным Госкомприроды на территории только одной Иркутской области в 1999 г. находилось 9,5 тыс. конденсаторов, заполненных ПХБ. В трансформаторах, используемых на предприятиях Иркутской области, содержалось около 90 тонн технического ПХБ. Несколько тонн ПХБ каж-

дый год выводится из эксплуатации и остается храниться на территории предприятий, представляя потенциальную угрозу (в случае разгерметизации) заражения окружающей территории.

– Автомобильный транспорт. Наибольшее количество диоксинов образовывалось при сжигании этилированного бензина (1083,3 пг ТЕQ/л израсходованного топлива). Меньшие выбросы ПХДД/Ф характерны для сжигания не этилированного бензина (50,7 пг ТЕQ/л топлива) и дизельного топлива (23,6 пг ТЕQ/л топлива) [22].

– Металлургические процессы (производство железа из руды, стали, переплавка металлического лома и др.). На 1 тонну произведенного алюминия в окружающую среду выбрасывается от 10 до 150 мкг ТЕQ диоксинов [23]. В Иркутской области на алюминиевых заводах, расположенных в бассейне р. Ангара, производится 1065 тыс. т. [24]. Таким образом, в окружающую среду может поступать от 10,65 до 159,75 г диоксинов в год.

– Процессы сжигания топлив и отходов - производство тепла и энергии на ТЭЦ и котельных в городах, печное отопление частных домов и неорганизованное сжигание мусора. Эксплуатация печей отопления в частном секторе способна приносить значительное количество ПХДД/Ф в окружающую среду. Так, в саже домов частного сектора было найдено 199 пгТЕQ/г, что почти в 400 раз выше, чем в саже с ТЭЦ и в 100 раз выше малых котельных [4].

– Использование в сельском и лесном хозяйстве хлорорганических пестицидов. В 1980х годах на территории Иркутской области использовалось 1100-2500 т пестицидов ежегодно. До 40 % из них приходилось на ХОП, в том числе 12%-ГХЦГ, кельтан и др. [25]. По данным станции защиты растений ГХЦГ использовался до 1992 года. ГХЦГ составлял от 90 % в 1986 году до 10 % в 1992 г. всех используемых на территории Иркутской области инсектицидов. Общий объем использования 12% ГХЦГ в 1986-1992 гг. составил 1304,7 т, которыми были обработаны 107 тыс. га. 12% ГХЦГ применялся как инсектицид комплексного действия на сельскохозяйственных полях при выращивании овощных и кормовых культур. Нагрузка пестицидами на единицу пахотной площади в 1981-1985 годах составляла 1,12 кг д.в./га, при этом нагрузка ГХЦГ – 0,34 [25]. В 1986 года общая нагрузка пестицидами

по Иркутской области уменьшилась до 0,35 (в среднем по СССР – 1,62) [26]. На полях в бассейне р.Ангара ИУГМС регулярно обнаруживают остаточные количества ДДТ, ГХЦГ и ГХБ [27]. В отдельных районах обнаруживаются превышения ПДК в почвах ДДТ. ДДТ и ГХЦГ были запрещены для использования в сельском хозяйстве в России в 1970-80х годах. Однако отмечены случаи их неофициального применения в отдельных хозяйствах Иркутского района. Кроме того, устаревшие пестициды, включая хлорорганические, продолжают храниться на складах предприятий и могут поступить в окружающую среду при разрушении упаковок [26]. Некоторое количество диоксинов, как побочного продукта, также входит в состав ХОП, причем их количество может изменяться у разных производителей. По оценкам ИГМУ за время использования 2,4-Д в сельском хозяйстве Иркутской области только в 1980х годах на поля поступило около 14 г диоксинов [28].

– Лесные пожары в зонах сильного влияния аэропромвыбросов диоксиноопасных предприятий и после обработок хлорорганическими пестицидами. Следует отметить, что лесные пожары служат как перераспределители диоксинов, а не как первичные источники образования диоксинов [4].

Распределение СОЗ в атмосферном воздухе Приангарья

Исследования проводились с использованием метода пассивного пробоотбора в основных

промышленных городах и поселках в сельской местности на территории Иркутской области [19, 20]. Получено, что содержание ПХБ, ДДТ и его метаболитов, ГХЦГ и хлорданов в атмосферном воздухе Иркутской области варьируется в значительных пределах (рисунок 1), находится в пределах значений, найденных в результате GAPS-исследования (глобальный проект исследования атмосферного воздуха методом пассивного пробоотбора [29]). При этом значения были ниже, чем уровни, найденные в конце 1980х [30] и сравнимы со значениями в начале 1990х в тех же районах [31, 32]. Повышенные концентрации ПХБ найдены в городах, где есть предприятия, использующие хлор в технологических процессах (Усолье-Сибирское, Братск). Наибольшие уровни хлорорганических пестицидов обнаружены также в некоторых промышленных городах (Усолье-Сибирское, Братск), а также в пос. Хужир (о. Ольхон, оз. Байкал), что связано с несколькими факторами (использование изученных пестицидов на данных территориях в прошлом, испарение с поверхности воды и др.). Содержание и относительный состав ПХБ и хлорорганических пестицидов в атмосферном воздухе зависит от природных факторов (температурный режим, осадки и др.), от физико-химических свойств СОЗ и их способности осаждаться и испаряться с поверхности почв в зависимости от температуры окружающей среды, а также от активности источника атмосферных эмиссий данных соединений.

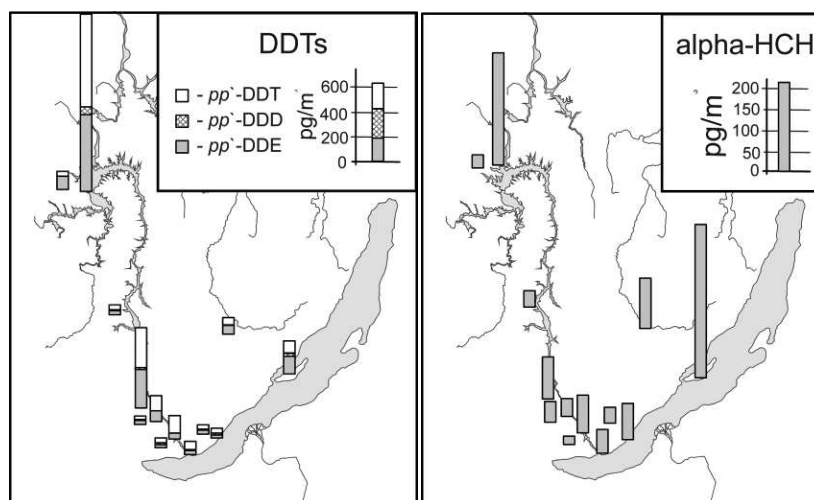


Рисунок 1 – Пространственное распределение ДДТ и α – ГХЦГ в атмосферном воздухе Иркутской области (пг/м³)

Распределение СОЗ в снеговом покрове в южном Приангарье

Среди исследованных нами снеговых проб отмечается широкий размах концентраций ПХБ (рисунок 2) [13, 14]. Различия в сумме ПХБ для снегового покрова составляют в среднем около 15 раз и изменяются от 0,04 нг/см² до 0,61 нг/см². Выделяется несколько зон повышенного содержания ПХБ: города – Усолье-Сибирское, Иркутск, Ангарск, а также, возможно, существуют

утечки из трансформаторов линий электропередач, т.к. все повышенные концентрации ПХБ вне городов наблюдались вблизи высоковольтных ЛЭП. Вероятно, в будущем именно эти рассеянные источники и будут доминирующими. Наименьшие значения (принятые в настоящем исследовании в качестве фоновых) получены в Тункинской долине. Уровни концентрации ПХБ в снеговой воде выше найденных в других регионах мира.

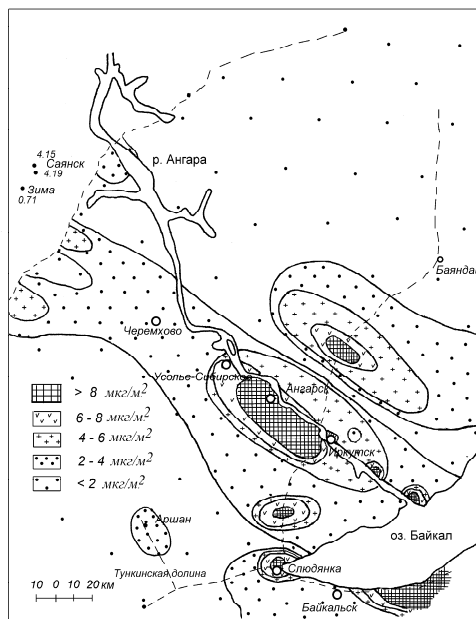


Рисунок 2 – Распределение ПХБ в снеговом покрове южного Прибайкалья (мкг/л)

Полученный в большинстве проб снегового покрова гомологический состав ПХБ подобен таковому в соволе (техническом ПХБ), и несколько отличается от него в городах с высоко развитой химической промышленностью (гг. Усолье-Сибирское и Ангарск) или на станциях с концентрацией суммы ПХБ, близкой к фоновой (Тункинская долина и район Баяндай).

Распределение СОЗ в почвах Приангарья

Среди всех исследованных проб почвы Байкальского региона наименьшие концентрации ПХДД/Ф и ПХБ отмечены в верховьях р. Баргузин, где сумма ТЕQ-WHO составляет в среднем 0,04 пг/г сухого веса за счет ПХДД и ПХДФ и 0,01 пг/г сухого веса – за счет ПХБ [12]. Район верховья р. Баргузин принят в настоящем исследовании как фоновый.

В исследованных почвах городов уровень ТЕQ-WHO ПХДД/Ф и ПХБ изменяется от 2,7

до 56,2 пг/г сухого веса. Максимальные уровни найдены в почвах г. Усолья-Сибирского, Ангарска и Черемхова. Они выше фоновых в 1124; 262 и 190 раз, соответственно. Следует отметить, что полученные уровни ТЕQ во всех пробах в большинстве своем, за исключением проб почвы из гг. Усолье-Сибирское и Ангарск, не превышают предельно допустимые концентрации диоксинов в почве, принятые в ряде стран. Полученные уровни ТЕQ в почвах промышленных и городских зон сравнимы или выше, а в фоновых районах – ниже найденных в индустриальных регионах России и мира. Основной вклад в суммарный эквивалент токсичности вносят ПХДФ, ПХДД и по-ПХБ, составляют в среднем 64; 10,7 и 21,2 %, что также отличается от содержания этих СОЗ в почвах других регионов мира, где основной вклад в суммарную токсичность вносят ПХДД.

Наибольшие уровни накопления диоксинов

отмечаются также в районе города Усолье-Сибирское (до 450 пг/см²) (рисунок 3). К городам Ангарск, Черемхово, Иркутск они снижаются до 81,0; 73,1 и 57,2 пг/см², соответственно. Следует

отметить, что около 48 % всех пашенных земель Иркутской области расположены в районе Иркутско-Ангарско-Усольско-Черемховского промышленного узла [24].

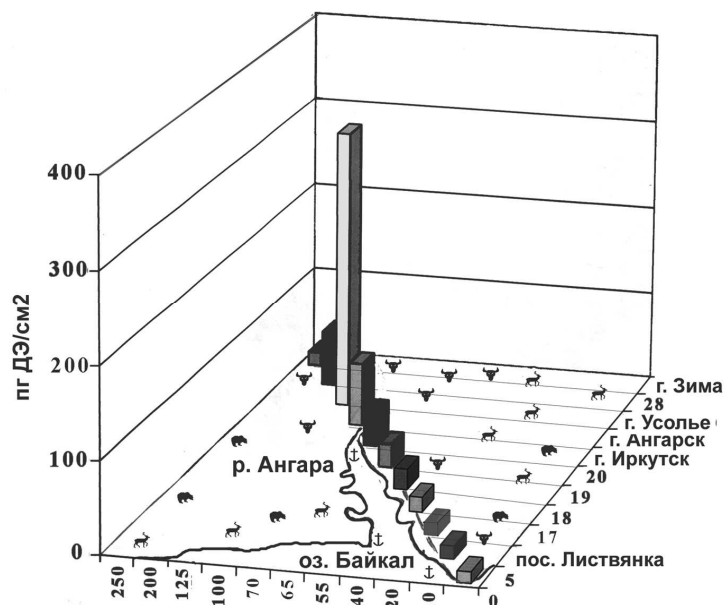


Рисунок 3 – Распределение I-ТЕQ ПХДД, ПХДФ и ПХБ в почвах по долине реки Ангары

ТЕQ ПХДД/Ф снижается более чем 22 раза при удалении вдоль Ангары от Усолья-Сибирского до истока. 1000-кратное снижение концентраций ПХБ до фонового уровня происходит на расстоянии 240-310 км от Усолья-Сибирского перпендикулярно преобладающим ветрам.

Сопоставляя процентные соотношения 17 измеренных ПХБ, было найдено, что наблюдается увеличение доли низхлорированных соединений по мере удаления от промышленного региона. Это происходит в результате фракционирования при удалении от источника (локальная хроматография), поскольку средняя годовая температура воздуха Байкальского региона колеблется от +3(+5)°C до -8°C, что соответствует, согласно классификации [33], области относительно низкой подвижности для 4-8 хлорированных бифенилов и низкой для 8-9 хлорированных ПХБ и 4-8 хлорированных ПХДД/Ф.

Конгенерный состав ПХДД, ПХДФ найденный в городах Иркутской области соответствует конгенерному составу, характерному для про-

цессов сжигания топлив, производства пентахлорфенола [37], технического ПХБ (совол) [35] и хлорщелочному производству [36].

СОЗ в биоте наземных экосистем Приангарья

Распределение СОЗ в биоте наземных экосистем Приангарья рассмотрено на примере сельскохозяйственных животных [10, 16, 17]. Коровье молоко собиралось весной и осенью на молочно-товарных фермах. Яйца кур отбирались осенью в частных хозяйствах в районе атмосферного влияния промышленных городов Усолья-Сибирского, Иркутска, Братска и в сельской местности (Качугский, Черемховский районы и Усть-Ордынский Бурятский Округ). Найденные зависимости содержания СОЗ в почве пастбищ, в коровьем молоке и куриных яйцах говорят о преобладающем атмосферном поступлении ПХБ в агроэкосистемы Приангарья от значительного источника эмиссии, расположенного в районе г. Усолье-Сибирское. Уровни ДДТ и ГХЦГ в основном определяются их использо-

ванием в сельском хозяйстве в прошлом, однако, возможно и локальное свежее поступление из мест хранения неиспользованных пестицидов. Для пестицидов ДДТ и ГХЦГ возможен современный трансграничный перенос из соседних государств, где эти пестициды продолжают использоваться (Китай и Индия). Изученные объекты (коровье молоко и яйца домашних кур) могут быть показателями загрязнения почв и атмосферы на определенной территории СОЗ при условии существования источника их атмосферной эмиссии и при содержании животных, обеспечивающим их контакт с почвой (например, выпас скота на пастбищах).

СОЗ в биоте (рыбе) р. Ангары и Ангарских водохранилищ и их притоков

Средние концентрации СОЗ в рыбах региона составляет для ПХДД/Ф – 10 пг ТЕQ/г ли-

пидов, суммы всех анализируемых ПХБ – 644 пг/г липидов, ДДТ и его метаболитов – 120 нг/г липидов, α и γ -изомеров ГХЦГ – 3,6 нг/г липидов и транс-нонахлора – 8,2 нг/г липидов. Отмечается широкий размах концентраций СОЗ в рыбах [11, 18]. Наибольшие концентрации ПХДД/Ф найдены в хариусе ниже Усть-Илимска. Повышенные концентрации ниже Усть-Илимска объясняются действием стоков ЦБК, что подтверждается конгенерным составом ПХДД/Ф в рыбах, в котором доминируют 2,3,7,8-тетрахлорзамещенные конгенеры, характерные для данной промышленности.

Концентрации ПХБ в рыбах из реки Ангары и Ангарских водохранилищ были выше, чем в рыбе из оз. Байкал, с максимальными значениями ниже сброса сточных вод предприятий г. Усолья-Сибирского (рисунок 4).

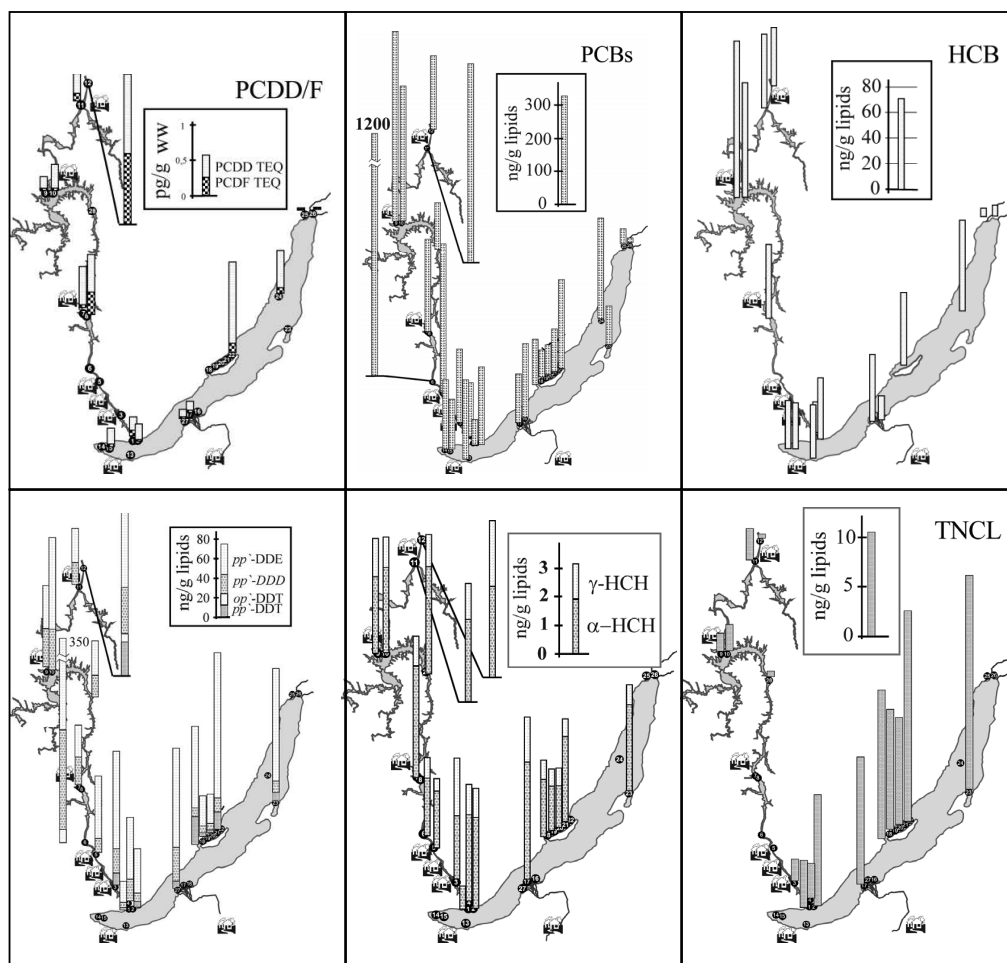


Рисунок 4 – Уровни стойких органических загрязнителей (ТЕQ ПХДД/Ф – ТЕQ PCDD/F, ПХБ (PCB), гексахлорбензол (HCB), ДДТ и его метаболиты (DDT, DDD, DDE), α -, γ -ГХЦГ (HCH) и транс-нонахлор (TNCL) в рыбах озера Байкал и реки Ангары и Ангарских водохранилищ

Распределение компонента хлордана – транс-нонахлора – в рыбах разных водоемов также отличается. Транс-нонахлор в рыбах из реки Ангары и Ангарских водохранилищ не обнаруживается практически во всех пробах, или его концентрации в десятки раз ниже, чем в пробах из Байкала или из дельты Селенги. Поступление в Ангарские водохранилища хлорданов возможно с водами озера Байкал, а поступление хлорданов в Байкал, в свою очередь, возможно в результате использования их по долине реки Селенги.

Распределение ГХБ, ДДТ и его метаболитов, ГХЦГ в рыбах, выловленных по длине р. Ангары, более равномерное, с некоторым увеличением ГХБ в районе Братска и ДДТ и ГХЦГ – ниже Усожья-Сибирского. Подобное распределение хлорорганических пестицидов связано с широким применением их в сельском хозяйстве в прошлом. О давности поступления пестицидов в окружающую среду говорит отношение ДДЭ/сумма ДДТ, которое составляет 0,46-0,85 (чем ниже это отношение, тем более недавнее поступление). Наибольшие величины этого показателя наблюдались в пробах из Иркутского водохранилища (0,7-0,85). В пробах, отобранных ниже Усожья-Сибирского, они составляют 0,46-0,7. Таким образом, предполагается более недавнее поступление хлорорганических пестицидов в окружающую среду по долине реки Ангары по отношению к Байкалу.

В целом, уровни изученных СОЗ в рыбах не превышают существующих в России ПДК для пресноводных рыб для потребления взрослым населением [37]. Однако, уровень ДДТ в некоторых пробах рыб с высоким содержанием жира превышает ПДК для продуктов, используемых для приготовления пищи детям (0,01 мг/кг).

Суточное поступление и анализ рисков здоровью населения от воздействия комплекса СОЗ

Основной вклад в суточное поступление СОЗ в организм жителей вносят продукты питания (до 95 %), а из продуктов питания – рыба и молоко и молочные продукты (45 и 35%, соответственно) [7, 8, 15].

В среднем по региону индекс опасности (ИО) развития неканцерогенных заболеваний ЦНС, печени, иммунной системы от воздействия СОЗ меньше единицы (при превышении 1 следует ожидать проявлений неблагоприятных эффектов на здоровье) [8, 9]. Однако возможны наруше-

ния в развитии человека и в гормональном статусе. Величины ИО изменяются по отдельным территориям. Так, при потреблении продуктов, произведенных в районе города Усолья-Сибирское, воздействие СОЗ может приводить к возникновению нарушений в работе ЦНС, печени, иммунитете, гормональном статусе и развитии. Наибольший вклад в суммарную экспозицию вносят копланарные ПХБ (35 %), затем ПХБ с недиксиноподобным механизмом (30 %). За ними в порядке убывания идут ПХДФ > ПХДД > ГХБ > ДДТ > ГХЦГ [9].

Канцерогенный риск (КР) от воздействия комплекса изученных СОЗ в среднем по региону превышает предельно допустимый уровень и составляет уже $2,1 \cdot 10^{-4}$. Данная величина соответствует диапазону неприемлемого риска в целом для населения и требует проведения плановых мероприятий по его снижению. В этом же диапазоне лежат величины риска в промышленных городах области. В сельской местности КР находится в пределах предельно допустимого риска, требующего постоянного контроля и проведения дополнительных мероприятий по его снижению. Данные мероприятия следует направлять на прекращение использования технического ПХБ, ликвидацию последствий использования ПХБ и хлорорганических пестицидов в прошлом, а также прекращения использования в частных хозяйствах хлорорганических пестицидов (особенно ГХЦГ). Основной вклад в КР в промышленных городах вносят ПХБ > ПХДФ > ПХДД > пестициды. На остальных территориях – ПХБ > ГХЦГ > ПХДФ > ПХДД > ГХБ > ДДТ [9].

В среднем по региону при потреблении населением региона только местной рыбы индекс опасности возникновения нарушений ЦНС, печени, гормонального статуса, иммунной системы, развития составляет 0,47, 0,48, 0,69, 0,47 и 0,68, соответственно [8]. Канцерогенный риск достигает 54 случая на 1 млн. населения (при приемлемом уровне 1 на 1 млн. населения). ПХДФ, ПХДД и ПХБ вносят наибольший вклад в канцерогенный риск (45, 15 и 34 %, соответственно). Данные по величинам риска также различаются в зависимости от места вылова рыбы и от количества потребляемой рыбы в пищу. Так, если человек-рыбак ловит и использует в пищу рыбу из Ангары ниже Усожья-Сибирского или ниже Усть-Илимска, то индекс опасности нарушений,

например, гормонального статуса превысит 1 и составит 3,6 и 2,3, соответственно. Канцерогенный риск, при этих же условиях достигнет 146 и 222 случаев на 1 млн. населения, соответственно. ИО значительно повышается для рыбаков и членов их семей. ИО от воздействия СОЗ в этом случае достигает 14-23 при потреблении рыбы, выловленной ниже сброса сточных вод предприятий Усолья-Сибирского [8].

Таким образом, закономерность распределения СОЗ, наблюдаемая в атмосферном воздухе, снеговом покрове, почвах региона, в сельскохозяйственных продуктах, рыбе и, соответственно, разница суточных доз и рисков для здоровья населения говорят о существовании источников этих соединений по долине р. Ангара и их зна-

чительном влиянии на уровни загрязнения СОЗ экосистем водохранилищ и на здоровье населения населенных пунктов, расположенных на берегах этих водоемов. Причем каждое водохранилище испытывает нагрузку СОЗ разного характера и степени. В дальнейшем планируется изучить распределение СОЗ в системе атмосферный воздух – атмосферные осадки (снег) – вода – взвесь – донные отложения – биота в четырех водохранилищах Ангарского каскада – Иркутском, Братском, Усть-Илимском и Богучанском – разного уровня трофности и в почвах на прилегающих территориях.

Работа выполнена при финансовой поддержке INTAS 2000-00140, РФФИ №№ 04-05-64870, 07-05-00697, 10-05-00663, 13-05-00375.

Литература

- 1 Сунден А. Неотложные международные действия в отношении стойких органических загрязнителей //Материалы субрегионального совещания по выявлению и оценке выбросов стойких органических загрязнителей (СОЗ). – М.: Центр международных проектов, 1998. – С.210-232.
- 2 Коммонер Б. Политическая история диоксинов. – М., 1996. – 19 с.
- 3 Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Кузьмин М.И., Мамонтова Е.А., Хомутова М., Амирова З.К., Круглов Э.А. Диоксины в целлюлозно-бумажной промышленности Байкальского региона //В сб.: Диоксины и родственные соединения: экологические проблемы, методы контроля. – Уфа, 2001. – С.92-97.
- 4 Мамонтов А.А. Полихлорированные дибензо-пара-диоксины и родственные соединения в экосистеме озера Байкал. М.: Академия наук о Земле, 2001. – 68 с.
- 5 Мамонтова Е.А., Мамонтов А.А., Тарасова Е.Н. Загрязнение диоксинами и родственными соединениями окружающей среды Иркутской области (гигиенические аспекты проблемы). Методическое пособие. – Иркутск: Типография издательства института географии СО РАН. – 2000. – 48 с.
- 6 Мамонтова Е.А. Гигиеническая оценка загрязнения диоксинами и родственными соединениями окружающей среды Иркутской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. – 141 с.
- 7 Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., McLachlan M.S., Колесников С.И., Литвинцев А.Н.. Диоксины и родственные соединения в продуктах Иркутской области //Сибирь–Восток. – 2001. - № 6 (42). – С.19-24.
- 8 Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н. Анализ риска здоровью человека и водных экосистем от воздействия СОЗ и ртути в Байкале и Ангарских водохранилищах //В сб.: Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. – Ярославль: ООО «Принтхаус», 2008. – С.79-83.
- 9 Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н. Стойкие органические загрязнители в продуктах питания и их потенциальная опасность для здоровья населения Иркутской области //В сб. Региональная политика России в современных социально-экономических условиях: географические аспекты. – Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск. – 2009. – С.237-239
- 10 Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А. Биоиндикация загрязнения хлорорганическими соединениями почв (на примере Прибайкалья) //Агрохимия. – 2009. – № 5. – С.62-68.
- 11 Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., Amirova Z. Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and dibenzofurans in fish of the Angara River //Organohalogen compounds. – 2000. – Vol. 46. – P.503-506.
- 12 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. – Vol. 34, № 5. – P.741-747.
- 13 Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., Kuzmin M.I., MacLachlan M.S. Persistent organic pollutants in soil and snow from the Lake Baikal Region // Organohalogen compounds. – 2004. – Vol. 66. – P.1327-1332.
- 14 Mamontova E.A., Mamontov A.A., Matorova N.I., Tarasova E.N., Chuvashev U.A. PCB in snow of the Baikal region // Organohalogen compounds. – 1997. – Vol. 32. – P.72-75.
- 15 Mamontova E.A., Mamontov A.A., Tarasova E.N. Daily intake and risk assessment for PCDD, PCDF and PCB exposure from food in Irkutsk Region, Russia //Organohalogen compounds. – 2000. – Vol. 48. – P.260-263.
- 16 Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A., Kuzmin M.I., Chuvashev U.A., McLachlan M.S. PCBs, HCHs and DDTs in cow's milk and soil of pasture from the Irkutsk Region, Russia //Organohalogen compounds. – 2004. – Vol. 66. – P.1974 – 1980.

- 17 Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A., McLachlan M.S. Organochlorines in chicken's eggs and meat from the Irkutsk Region, Russia //Organohalogen compounds. – 2006. – Vol. 68. – P.1939-1942.
- 18 Mamontova E.A., Mamontov A.A., Tarasova E.N., McLachlan M.S., Mamontov A.M. Organochlorines in fish from Lake Baikal, tributaries and the Angara River, the Irkutsk Region, Russia: levels and risk assessment //Organohalogen compounds. – 2006. – Vol. 68. – P.1943-1946.
- 19 Mamontova E.A., Kuzmin M.I., Tarasova E.N., Khomutova M.Yu. Distribution of PCBs and OCPs in air in the Irkutsk region, Russia //Organohalogen Compounds. – 2009. – Vol. 71. – P.2869-2873.
- 20 Mamontova E.A., Kuzmin M.I., Tarasova E.N., Khomutova M.Yu. The investigation of PCBs and OCPs in air in the Irkutsk Region (Russia) using passive air sampling //Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2010. – № 4 (60). – С.209-213.
- 21 Игнатъева Л.П. Гигиеническая оценка и разработка критериев опасности диоксинов в окружающей среде. Автореф. дис. ... д-ра биол.наук. – Иркутск, 1997. – 48 с.
- 22 Экологическая химия. / Под ред. Корте. – М.: Мир, 1996. – 395 с.
- 23 UNEP, 2001. Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases.
- 24 Винокуров М.А., Суходолов А.П. Экономика Иркутской области: В 2 т. Т. 2. – Иркутск: Изд-во ИГЭА ОАО НПО “Облмашинформ”, 1999. – 312 с.
- 25 Савченков М.Ф., Игнатъева Л.П. Гигиена применения пестицидов в Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1994. – 184 с.
- 26 Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. – М.: Наука, 1999. – 462 с.
- 27 Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2011 году. – Иркутск: Изд-во ОО Форвард, 2012. – 400 с.
- 28 Государственный доклад экологическая обстановка в Иркутской области в 1997 году Иркутского областного комитета по охране окружающей среды и природных ресурсов Минприроды РФ. – Иркутск, 1999. – 299 с.
- 29 Pozo K., Harner T., Wania F., Muir D.C.G., Jones K., Barrie L.A. Toward a global network for persistent organic pollutants in air: results from the GAPS study //Environ. Sci. Technol. – 2006. – Vol. 40. – P.4867-4873.
- 30 Сурнина Н.Н., Анохин Ю.А., Кирюхин В.П., Митрошков А.В. // В сб.: Мониторинг состояния озера Байкал. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С.54-59.
- 31 Iwata H., Tanabe S., Ueda K., Tatsukawa R. Persistent jrganochlorine residues in air, water, sediments, and soil from the Lake Baikal Region, Russia //Environ. Sci. Technol. – 1995. – Vol. 29, № 3. – P.792-801.
- 32 McConnell L.L., Kucklick J.R., Bidleman T.F., Ivanov G.P. Chernyak S.M. Air-water gas exchange of organochlorine compounds in Lake Baikal, Russia //Environ. Sci. Technol. – 1996. – Vol. 30, № 10. – P.2975-2983.
- 33 Wania F., Mackay D. Tracking the distribution of persistent organic pollutants //Environ. Sci. Technol. – 1996. – Vol. 30, № 9. – С.390A-396A.
- 34 Cleverly D., Schaum J., Schweer, Becker J., Winters D. The congener profiles of anthropogenic sources of chlorinated dibenzo-p-dioxins and chlorinated dibenzofurans in the United States // Organohalogen Compounds. – 1997. – Vol. 32. – P.430-435.
- 35 Malisch R. Determination of PCDD/PCDF in PCB products and milk samples; correlation between PCB and PCDD/PCDF – contamination of milk samples //Organohalogen Compounds. – 1994. – Vol. 20. – P. 209-214.
- 36 She J., Hagenmaier, H. PCDDs and PCDFs with chloralkali pattern in soil and sludge samples //Organohalogen Compounds. – 1994. – Vol. 20. – P. 261-266.
- 37 ГН 1.2.2701-10. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). – М.Ж Минздрав России, 2010.

References

- 1 Sundén. Urgent international action on persistent organic pollutants . Proceedings of the subregional workshop on the identification and assessment of persistent organic pollutants (POPs). Moscow: Centre for International Projects, 1998. P.210-232.
- 2 Commoner. The Political History of dioxins. Moscow, 1996. P.19.
- 3 Tarasova E.N., Mamontov A.A., Kuzmin M.I., Mamontov E.A., Chomutov M., Amirov Z.K., Kruglov E.A. Dioxins in the pulp and paper industry of Baikal region. In Sat: Dioxins and related compounds: environmental problems, methods of control. Ufa, 2001. P.92-97.
- 4 Mamontov A.A. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and related compounds in ecosystem of Lake Baikal. Moscow: Academy of Sciences of the Earth, 2001. P.68.
- 5 Mamontov E.A., Mamontov A.A., Tarasova E.N. Contamination with dioxins and related compounds of Irkutsk region environment (hygienic aspects of the problem). Toolkit. Irkutsk: Typography publisher Institute of Geography SB RAS. 2000. P.48.
- 6 Mamontova E.A. Hygienic assessment of dioxin contamination and related compounds of the environment of Irkutsk region environment. - Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, Branch “Geo”, 2001. P.141.
- 7 Mamotova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A., McLachlan M.S., Kolesnikov S.I., Litvintsev A.N. Dioxins and related compounds in foods Irkutsk Region. *East Siberia*, 2001, 6 (42). P.19-24.
- 8 Mamontova E.A., Tarasova E.N. Analysis of risk to human health and aquatic ecosystems from the effects of POPs and mercury in Lake Baikal and Angara reservoirs. In Sat: Anthropogenic impacts on aquatic organisms and ecosystems. Yaroslavl LLC “Printhus” 2008. P.79-83.

- 9 Mamontova E.A., Tarasova E.N. Persistent organic pollutants in food and their potential danger to public health in Irkutsk Region. In Coll. Regional Policy of Russia in the modern socio-economic conditions: geographical aspects. - Institute of Geography. V.B. Sochava, Irkutsk. 2009. P.237-239
- 10 Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A. Bioindication organochlorine contamination of soil (for example, in Baikal region). *Agrochemicals*. 2009, no 5. P.62-68.
- 11 Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., Amirova Z. Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and dibenzofurans in fish of the Angara River. *Organohalogen compounds*, 2000, 46. P.503-506.
- 12 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. 34(5). P.741-747.
- 13 Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., Kuzmin M.I., MacLachlan M.S. Persistent organic pollutants in soil and snow from the Lake Baikal Region. *Organohalogen compounds*, 2004, 66. P.1327-1332.
- 14 Mamontova E.A., Mamontov A.A., Matorova N.I., Tarasova E.N., Chuvashhev U.A. PCB in snow of the Baikal region. *Organohalogen compounds*, 1997, 32. P.72-75.
- 15 Mamontova E.A., Mamontov A.A., Tarasova E.N. Daily intake and risk assessment for PCDD, PCDF and PCB exposure from food in Irkutsk Region, Russia. *Organohalogen compounds*, 2000, 48. P.260-263.
- 16 Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A., Kuzmin M.I., Chuvashhev U.A., McLachlan M.S. PCBs, HCHs and DDTs in cow's milk and soil of pasture from the Irkutsk Region, Russia. *Organohalogen compounds*, 2004. 66. P.1974 – 1980.
- 17 Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A., McLachlan M.S. Organochlorines in chicken's eggs and meat from the Irkutsk Region, Russia. *Organohalogen compounds*, 2006, 68. P.1939-1942.
- 18 Mamontova E.A., Mamontov A.A., Tarasova E.N., McLachlan M.S., Mamontov A.M. Organochlorines in fish from Lake Baikal, tributaries and the Angara River, the Irkutsk Region, Russia: levels and risk assessment. *Organohalogen compounds*, 2006, 68. P.1943-1946.
- 19 Mamontova E.A., Kuzmin M.I., Tarasova E.N., Khomutova M.Yu. Distribution of PCBs and OCPs in air in the Irkutsk region, Russia. *Organohalogen Compounds*, 2009, 71. P.2869-2873.
- 20 Mamontova E.A., Kuzmin M.I., Tarasova E.N., Khomutova M.Yu. The investigation of PCBs and OCPs in air in the Irkutsk Region (Russia) using passive air sampling. *Vestnik KazNU, ser.khim. – Bulletin KazNU, ser.chem*, 2010, 4 (60). C.209-213.
- 21 L.P. Ignatieff. Hygienic estimation and development of hazard criteria of dioxins in the environment. Author's abstract. Irkutsk, 1997. P.48.
- 22 Environmental Chemistry. Edited by Court. New York: Wiley, 1996 P.395.
- 23 UNEP, 2001. Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases.
- 24 Vinokurov M.A., Sukhodolov A.P. Irkutsk Region Economy : In 2 vols. Vol 2 . Irkutsk: ISEA NPO Oblmashinform “, 1999. P. 312 .
- 25 Savchenko M.F , Ignatieff L.P. Hygiene of use pesticide in Siberia. Irkutsk : Publishing House of the Irkutsk State University, 1994 . P. 184.
- 26 Fedorov L.A., Yablokov A.V. Pesticides - toxic blow to the biosphere and man. Moscow: Nauka , 1999 . P. 462.
- 27 State Report on the state and Environmental Protection of the Irkutsk region in 2011. Irkutsk Publishing Association “Forward”, 2012 . P. 400.
- 28 State Report ecological of situation in the Irkutsk region in 1997, Irkutsk Regional Committee on Environmental Protection and Natural Resources, Ministry of Natural Resources . Irkutsk, 1999. P. 299.
- 29 Pozo K., Harner T., Wania F., Muir D.C.G., Jones K., Barrie L.A. Toward a global network for persistent organic pollutants in air: results from the GAPS study. *Environ. Sci. Technol.* 2006, 40. P.4867-4873.
- 30 Surnina N.N., Anokhin Y.A., Kiryuhin V.P., Mitroshkov A.V. In Sat: Monitoring of Lake Baikal. Gidrometeoizdat, 1991. P.54-59.
- 31 Iwata H., Tanabe S., Ueda K., Tatsukawa R. Persistent jrganochlorine residues in air, water, sediments, and soil from the Lake Baikal Region, Russia. *Environ. Sci. Technol*, 1995, 29(3). P.792-801.
- 32 McConnell L.L., Kucklick J.R., Bidleman T.F., Ivanov G.P. Chernyak S.M. Air-water gas exchange of organochlorine compounds in Lkae Baikal, Russia. *Environ. Sci. Technol*, 1996, 30(10). P.2975-2983.
- 33 Wania F., Mackay D. Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environ. Sci. Technol*, 1996, 30(9). C.390A-396A.
- 34 Cleverly D., Schaum J., Schweer, Becker J., Winters D. The congener profiles of anthropogenic sources of chlorinated dibenzo-p-dioxins and chlorinated dibenzofurans in the United States. *Organohalogen Compounds*, 1997, 32. P.430-435.
- 38 Malisch R. Determination of PCDD/PCDF in PCB products and milk samples; correlation between PCB and PCDD/PCDF – contamination of milk samples //Organohalogen Compounds, 1994, 20. P. 209-214.
- 35 She J., Hagenmaier, H. PCDDs and PCDFs with chloralkali pattern in soil and sludge samples. *Organohalogen compounds*, 1994, 20. P. 261-266.
- 36 GN 1.2.2701-10. Hygienic standards for pesticide in the environment (the list). - M.ZH Russian Ministry of Health, 2010.