

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 504.3.054+613.15

ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2016 г. Е. А. Мамонтова, А. А. Мамонтов, Е. Н. Тарасова

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН,
ул. Фаворского, 1А, Иркутск, 664033 Россия. E-mail: elenam@igc.irk.ru*

Поступила в редакцию 24.03.2015 г.

В статье представлены результаты изучения полихлорированных бифенилов (ПХБ) и хлорорганических пестицидов (ХОП) в атмосферном воздухе в городах Иркутск, Братск и Усть-Илимск, где размещены ГЭС, и в поселках Листвянка и Балаганск в 2013–2014 гг. Наибольшие концентрации практически всех ПХБ и ХОП обнаружены в атмосферном воздухе г. Братска, затем в Иркутске. Концентрации ПХБ и ХОП в воздухе Усть-Илимска значительно ниже, чем в Братске и Иркутске и сравнимы с уровнями в воздухе поселков Листвянка и Балаганск. Уровни ПХБ и ХОП в воздухе во всех населенных пунктах значительно ниже ПДК и ОБУВ. Гомологический состав ПХБ в атмосферном воздухе населенных пунктов соответствует составу ПХБ в соевом масле, трансформированному в результате атмосферного переноса. Величины индивидуального канцерогенного риска (ИКР) при ингаляционном воздействии ПХБ и ХОП соответствуют первому диапазону риска (равно или меньше 1×10^{-6}), которые оцениваются как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, и подлежат только периодическому контролю. ПХБ определяют около 30, а ГХЦГ и ГХБ в зависимости от населенного пункта – по 15–55% в суммарном ИКР.

Ключевые слова: атмосферный воздух, хлорорганические соединения, гидроэнергетика, оценка рисков.

ВВЕДЕНИЕ

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) и хлорорганические пестициды (ХОП) входят в список стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) Стокгольмской конвенции 2001 г., ратифицированной в 2011 г. Российской Федерацией. Они длительно сохраняются в окружающей среде, переносятся на большие расстояния, накапливаются по пищевым цепям и оказывают комплексное воздействие на все органы и системы, вызывая нарушения развития, репродуктивные и иммунологические расстройства, эндокринные и другие нарушения, включая отдаленные эффекты, в том числе онкологические заболевания. СОЗ поступают в окружающую среду множеством способов и в различных количествах. ПХБ использовались в основном в производстве электротехнического оборудования [13]. Всего в мире произведено 1.3–1.5 млн т [15, 18], в России – 180 000 т [13]. Хлорорганические пестициды (дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), гексахлорциклопексан (ГХЦГ), гексахлорбензол (ГХБ)) широко использовались для борьбы с вредителями в сельском хо-

зяйстве, с переносчиками трансмиссивных заболеваний и кровососущими насекомыми [11, 14].

На территории Иркутской обл. на р. Ангаре расположен каскад Ангарских водохранилищ суммарной мощностью гидроэлектростанций 9.1 ГВт с годовой выработкой электроэнергии около 50 млрд кВт·ч. В настоящее время в области эксплуатируются 3 гидроузла: Иркутский с 1959 г., Братский с 1969 г. и Усть-Илимский с 1980 г. [1]. В этих же городах и прилегающих к ним поселках были построены мощные промышленные энергоемкие комплексы, являющиеся также потенциальными загрязнителями окружающей среды и источниками СОЗ (предприятия цветной и черной металлургии, лесной и лесоперерабатывающей промышленности, химии и нефтехимии и др.) [3]. Уровень загрязнения атмосферы в Братске и Иркутске характеризуется как очень высокий (индекс загрязнения атмосферы достигает 32.83 в Братске и 19.47 в Иркутске) [3, 10]. Ранее были найдены повышенные уровни содержания ПХБ и ДДТ в объектах окружающей среды г. Братска [21] и г. Усолье-Сибирского [19].

Цель настоящего сообщения – представить результаты изучения хлорорганических соединений в атмосферном воздухе городов Иркутск, Братск и Усть-Илимск, где размещены ГЭС, а также оценить риск здоровью населения от воздействия комплекса СОЗ (ПХБ и ХОП).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования СОЗ в атмосферном воздухе проводились с использованием пассивных воздушных пробоотборников (ПВП) с картриджами из полиуретановой пены [23]. ПВП устанавливались в жилой зоне городов Иркутск (с 26.06.2013 по 3.09.2014), Братск (с 25.08.2013 по 27.08.2014) и Усть-Илимск (с 16.06.2013 по 26.08.2014). Для сравнения ПВП были поставлены в пос. Балаганск (с 12.06.2013 по 15.08.2013) и в истоке р. Ангары на территории дендропарка Байкальского музея в пос. Листвянка (с 28.06.2013 по 1.09.2014) (рис. 1). Каждый цикл отбора составлял в среднем 63, 74, 73, 65 и 62 дня в перечисленных населенных пунктах соответственно. Метод подготовки картриджей и ПВП к отбору и пробоподготовки использованных картриджей аналогичен методу, используемому в подобных исследованиях в странах Азии и в России [8, 17]. Очищенные картриджи до экспозиции и картриджи после экспозиции паковали в химически чистые стеклянные контейнеры с использованием тефлоновой ленты для герметичности. Все операции с ПВП осуществлялись в одноразовых перчатках. Картриджи до и после пробоотбора и пробы почв до анализа хранились при температуре -20°C . Во всех пробах определяли 39 конгенов ПХБ, а также пестициды *pp'*-ДДТ и его метаболиты *pp'*-дихлордифенилдихлорэтан (*pp'*-ДДД), *pp'*-дихлордифенилдихлорэтилен (*pp'*-ДДЭ), α - и γ -ГХЦГ и ГХБ. Пробоподготовка включала экстракцию в аппаратах Сокслетта хлористым метиленом, очистку с использованием Al-Si колонки. Детальное описание методики анализа приведено в [8]. Дальнейший анализ проводился с использованием газового хроматографа HP 5890 series II с электрозахватным детектором. При расчетах концентрации СОЗ в воздухе принималось, что скорость пробоотбора ПВП составляла 3.5 м^3 в день [23]. Для оценки возможного загрязнения в ходе пробоотбора и для оценки чистоты реактивов и оборудования для пробоподготовки использовали полевые (картридж без экспозиции, для оценки чистоты пробоотбора) и лабораторные (без картриджа, для оценки чистоты реактивов и лабораторной посуды) холостые пробы. Холос-

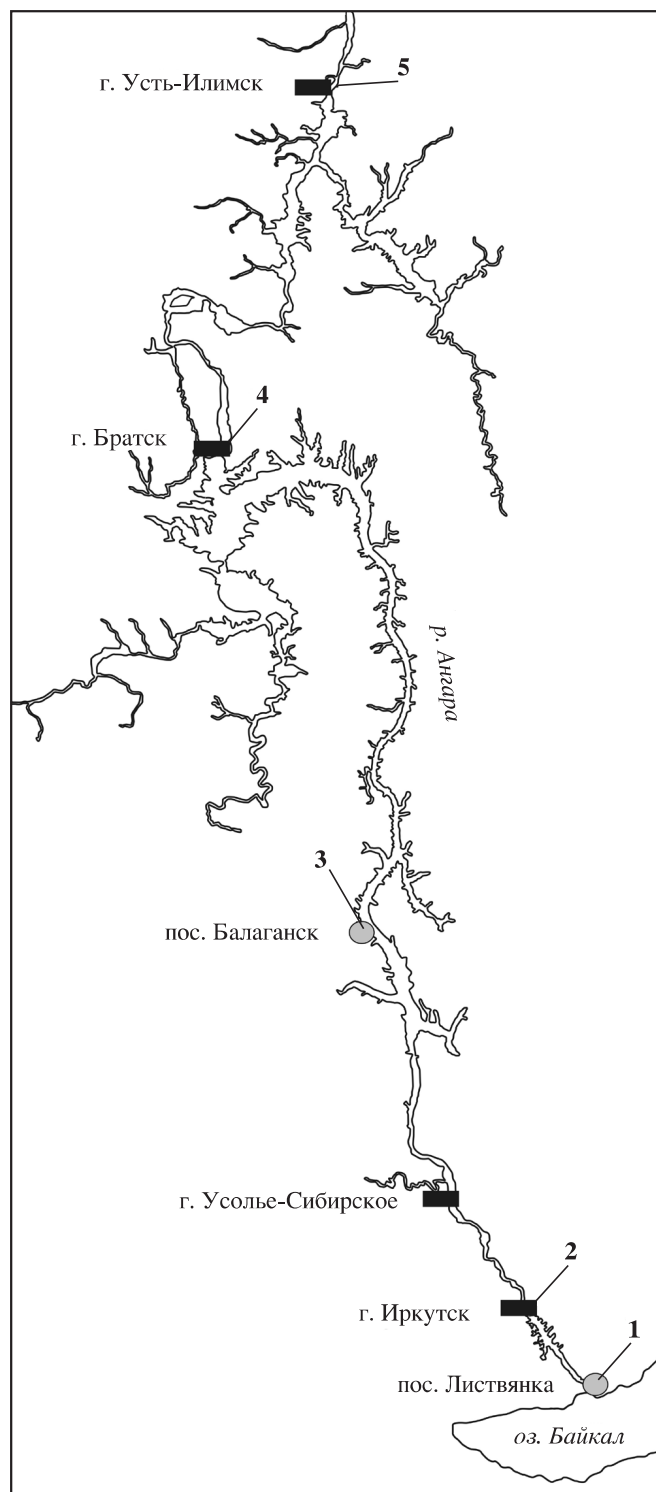


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб атмосферного воздуха (1 – дендропарк Байкальского музея, 2 – селитебная зона г. Иркутска, 3 – селитебная зона пос. Балаганск, 4 – селитебная зона г. Братска, 5 – селитебная зона г. Усть-Илимска).

тые пробы анализировались тем же методом, что и отобранные пробы.

Статистическую значимость различий между изучаемыми величинами определяли по *t*-крите-

рию Стьюдента. Статистически значимыми считались различия при $p < 0.05$.

Оценка рисков здоровью населения от воздействия ПХБ и ХОП проводилась в соответствии с [12, 16, 24]:

$$\text{канцерогенный риск } ICR = I \times SF, \quad (1)$$

где ICR – индивидуальный канцерогенный риск, SF – фактор наклона $(\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день}))^{-1}$, I – суточная доза в организм $(\text{мг}/\text{кг}$ в день);

$$\text{неканцерогенный риск } HQ = I/RfD, \quad (2)$$

где HQ – коэффициент опасности, RfD – референтная доза.

$$I = C \times IR/BW \times (ET \times EF \times ED)/AT, \quad (3)$$

где I – поступление $(\text{мг}/\text{кг}$ в сутки); C – концентрация в воздухе $(\text{мг}/\text{м}^3)$; IR – скорость ингаляции, $(20 \text{ м}^3/\text{сут})$; BW – масса тела человека (70 кг) , ET – время экспозиции $(\text{ч}/\text{сут})$, EF – частота воздействия (дней в год) , ED – продолжительность воздействия (лет) , AT – период осреднения экспозиции (лет) .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения ПХБ и ХОП в атмосферном воздухе трех городов Иркутской обл., в которых расположены гидроэлектростанции (ГЭС), а также в двух поселках, расположенных на берегах Ангары для сравнения (Листвянка и Балаганск), представлены в табл. 1. Наибольшие concentra-

ции практически всех ПХБ и ХОП обнаружены в атмосферном воздухе г. Братска. Иркутск находится на втором месте. В Братске и Иркутске расположены ГЭС с наибольшей и наименьшей мощностью среди трех ГЭС Ангарского каскада на территории Иркутской обл. (Братская ГЭС – мощность 4.5 млн кВт и выработка 22.6 млрд кВт · ч, Иркутская ГЭС – 0.66 млн кВт и 4.1 млрд кВт · ч соответственно [1]). В Братске находятся крупные комплексы лесоперерабатывающей промышленности и цветной металлургии. Качество атмосферного воздуха в Иркутске в большей степени обусловлено автотранспортом и топливно-энергетическим комплексом [3, 10]. Оба города в течение последних десятилетий входят в приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы [10]. Мощность Усть-Илимской ГЭС немногим ниже, чем Братской ГЭС (4.32 млн кВт) [1]. Здесь также расположены предприятия лесной и лесоперерабатывающей промышленности. Однако концентрации ПХБ и ХОП в воздухе значительно ниже, чем в Братске и Иркутске, и сравнимы с уровнями в воздухе поселков Листвянка и Балаганск. Следует также отметить проблему с кровососущими насекомыми во время строительства ГЭС [4] и возможности использования ДДТ для этих целей в Братске [11]. ДДТ был запрещен к использованию в 1972 г. [14]. Возможные источники поступления в окружающую среду Иркутской обл. ПХБ – устаревшее электротехническое оборудование, выведенное из эксплуатации, а также прошлое применение ХОП в сельском хозяйстве и в зоне строительства

Таблица 1. Содержание ПХБ и ХОП в атмосферном воздухе населенных пунктов Иркутской обл. (средняя арифметическая $\pm$ среднеквадратичное отклонение (минимум – максимум, n – количество проб).

Определяемые соединения	пос. Листвянка	г. Иркутск	пос. Балаганск	г. Братск	г. Усть-Илимск
n	7	7	1	5	6
ГХБ, $\text{пг}/\text{м}^3$	105 ± 14 (83–119)	112 ± 32 (68–155)	166	159 ± 31 (122–199)	79 ± 38 (44–151)
сумма $\alpha + \gamma$ -ГХЦГ, $\text{пг}/\text{м}^3$	12 ± 3.1 (6.8–16)	113 ± 35 (66–174)	21	162 ± 42 (90–201)	9.6 ± 3.0 (4.9–13)
α/γ -ГХЦГ	5.61 (2.0–13)	3.54 (2.2–7.8)	2.33	1.98 (1.3–3)	3.68 (0.5–9.6)
сумма ДДТ и его метаболитов, $\text{пг}/\text{м}^3$	8.9 ± 5.4 (2.9–16)	106 ± 77 (14–240)	15	202 ± 111 (93–320)	12 ± 10 (1.7–27)
(ДДЭ+ДДД)/ ДДТ	0.99 (0.58–1.39)	1.46 (0.82–2.83)	0.42	2.43 (1.76–2.97)	2.86 (0.33–8.75)
сумма ПХБ ₃₉ , $\text{пг}/\text{м}^3$	66 ± 22 (41–105)	169 ± 69 (40–240)	56	237 ± 155 (92–470)	70 ± 29 (27–96)
сумма ПХБ ₆ , $\text{пг}/\text{м}^3$	19 ± 6.4 (13–30)	54 ± 23 (13–81)	15	73 ± 44 (32–137)	22 ± 9.1 (9.3–32)

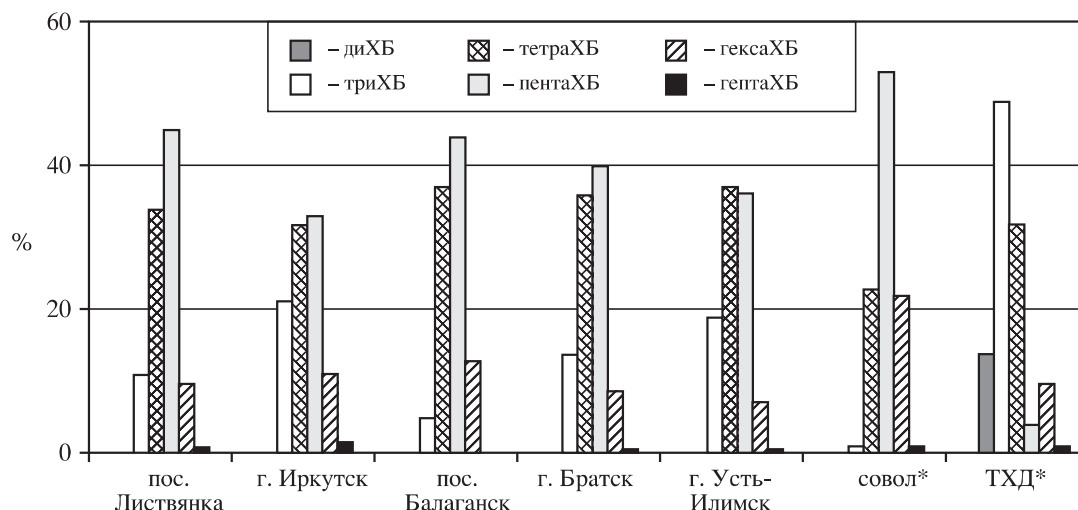


Рис. 2. Относительный гомологический состав ПХБ в атмосферном воздухе населенных пунктов Иркутской обл. в 2013–2014 гг. (%).

ГЭС для контроля численности кровососущих насекомых.

Уровни ПХБ и ХОП в воздухе во всех населенных пунктах в 2013–2014 гг. были значительно ниже ПДК и ОБУВ (ГН 1.2.1323–03, ГОСТ 12.1.005–88) (ДДТ – 0.001, ГХБ – 0.013, ГХЦГ – 0.001 и ПХБ – 1 мг/м³). Во всех исследованных населенных пунктах Иркутской обл. концентрации ДДТ, ГХЦГ и ПХБ в воздухе в 2013–2014 гг. были ниже, чем в 2008 г. [8] до 11 раз (ДДТ в пос. Листвянка) или остались на прежнем уровне (α -ГХЦГ в Иркутске). С другой стороны, отмечается повышение уровней ГХБ в 3–18 раз в 2013–2014 гг. по сравнению с 2008 г. Подобное увеличение концентраций ГХБ в воздухе отмечено также и на Дальнем Востоке России в 2011–2012 гг. [7].

Концентрации ПХБ и ХОП в городах и поселках Иркутской обл. в 2013–2014 гг. находились в пределах уровней, найденных в других странах мира при выполнении глобального проекта исследования атмосферного воздуха с использованием пассивного пробоотбора (GAPS) [22]. Они сравнимы с наименьшими величинами и меньше таковых в населенных пунктах азиатской территории России в 2008–2009 гг. [8, 20] и выше, чем в пунктах наблюдения в Российской Арктике [5]. Суммы ДДТ и его метаболитов и изомеров ГХЦГ в воздухе Иркутска и Братска в настоящем исследовании выше, чем в региональных центрах Дальнего Востока России в 2010–2012 гг. [7].

Отношение α/γ -ГХЦГ < 1 найдено в воздухе в Усть-Илимске в апреле–июне 2014 г. На осталь-

ных станциях и во все циклы исследования α/γ -ГХЦГ изменялся от 1.26 до 13. Отношение > 1 говорит об использовании больше технического ГХЦГ, содержащего 53–70% α -ГХЦГ, а не линдана (γ -ГХЦГ > 90%) [9].

Отношение содержания метаболитов ДДТ (ДДЭ и ДДД) к его исходной форме меньше единицы ((ДДЭ+ДДД)/ДДТ < 1 [2]) обнаружено в 35% картриджей, в том числе в картриджах из пос. Листвянка, экспонированных в июле 2013 – марте 2014 г., из Балаганска (июнь–август 2013 г.), Усть-Илимска (июнь–октябрь 2014 г.) и из Иркутска (июнь–август 2013 г.), что предполагает относительно недавнее “свежее” локальное поступление ДДТ в окружающую среду летом и осенью 2013 г. С другой стороны, в воздухе Братска ранее – 2008–2010 гг. – ((ДДЭ+ДДД)/ДДТ < 1) обнаружено в 50% проб [21]. Это предполагает прекращение «свежего» поступления ДДТ в районе Братска, что подтверждается значительным снижением концентраций ДДТ и его метаболитов за этот же период времени.

Гомологический состав ПХБ в атмосферном воздухе населенных пунктов соответствует составу ПХБ в соволе (преобладают тетраХБ), трансформированному в результате процессов испарения из-за различия физико-химических свойств индивидуальных соединений (увеличена доля низкохлорированных триХБ и тетраХБ) (рис. 2).

Отмечена изменчивость концентраций ПХБ и ХОП по сезонам года: летом концентрации выше, чем зимой (рис. 3). Причем размах колебаний различается по группам соединений. Наименьшая

разница между максимальными и минимальными величинами отмечена для ГХБ, ГХЦГ, триХБ и тетраХБ (от 1.4 до 5.1 в разных населенных пунктах), а наибольшая для ДДТ его метаболитов, гексаХБ и гептаХБ (от 5.6 до 15). Исключение составляет сезонное распределение в воздухе пос. Листвянка. Отношение max/min величин гомологов ПХБ изменяется от 2.2 (три, пента, гексаХБ) до 4.1 (тетраХБ). Подобное распределение предполагает в первом случае близость к источнику и активизацию в теплое время года процессов испарения высокохлорированных ХБ с поверхности почв, других объектов-депо, накопивших ранее ПХБ, или устаревшего ПХБ-содержащего оборудования. Во втором случае отмечается поступление ПХБ в атмосферный воздух в течение всего года.

Данные о распределении ПХБ, ГХБ, ДДТ и ГХЦГ в атмосферном воздухе населенных пунктов были использованы для оценки рисков для здоровья населения от воздействия исследованных соединений при ингаляционном пути поступления (табл. 2).

Значения индивидуального канцерогенного риска (ИКР) при воздействии ПХБ и ХОП, содержащихся в атмосферном воздухе населенных пунктов Иркутской обл., исследованных в 2013–2014 гг., находятся в первом диапазоне риска, когда ИКР в течение всей жизни равен или меньше 1×10^{-6} , что соответствует одному дополнительному случаю заболевания на 1 млн экспонированных людей. Такие риски воспринимаются как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных рисков и подлежат только периодическому контролю [12].

Ранее в 2008–2009 гг. ПХБ определяли 60–90% ИРК в сценарии ингаляционного воздействия СОЗ, то в 2013–2014 гг. – только третью часть. Меньше всего доля вклада ДДТ (до 4.5%). Значительно увеличился вклад ГХЦГ и ГХБ в суммарный ИКР. Они в зависимости от населенного пункта вносят по 15–55%.

Индексы опасности (ИО) рассчитаны для органов и систем-мишеней (печень, центральная нервная, иммунная и эндокринная системы, развитие). Величина ИО больше 1 указывает на возможность появления нарушений со стороны органов и систем-мишеней [12]. В рассматриваемом сценарии ИО на три порядка меньше 1.

Полученные показатели неканцерогенного (ИО) и канцерогенного (ИКР) рисков здоровью

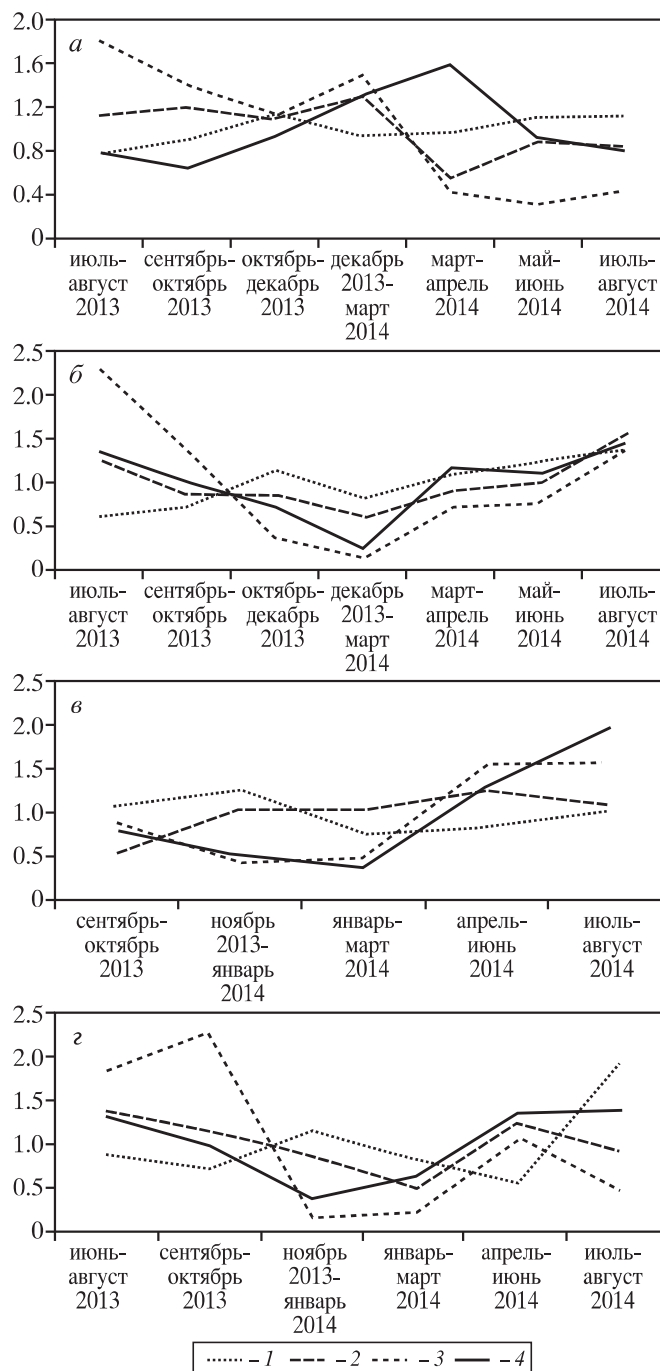


Рис. 3. Относительное сезонное распределение ПХБ и ХОП в атмосферном воздухе Листвянки (а), Иркутска (б), Братска (в) и Усть-Илимска (з). Концентрации, отнесенные к средней за исследуемый период времени: 1 – ГХБ, 2 – сумма ГХЦГ, 3 – сумма ДДТ и его метаболитов, 4 – сумма ПХБ.

населения городов Иркутской обл. соответствуют полученным ранее величинам в таких же сценариях ингаляционного воздействия в некоторых населенных пунктах азиатской территории России [6, 7].

Таблица 2. Показатели канцерогенного (индивидуальный канцерогенный риск – ИКР) и неканцерогенного рисков (индексы опасности – ИО) здоровью населения от воздействия СОЗ, содержащихся в атмосферном воздухе населенных пунктов Иркутской обл.

Населенный пункт	Органы и системы-мишени, ИО					ИКР	Доля групп СОЗ в ИКР, %			
	ЦНС	печень	развитие	эндокринная система	иммунная система		ПХБ	сумма ДДТ	сумма ГХЦГ	ГХБ
Листвянка	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-7}	35.9	0.82	17.7	45.6
Иркутск	2.6×10^{-3}	2.7×10^{-3}	2.6×10^{-3}	2.7×10^{-3}	2.6×10^{-3}	3.2×10^{-7}	30.3	3.2	50.5	15.9
Балаганск	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.4×10^{-7}	23.3	1.1	20.8	54.9
Братск	3.7×10^{-3}	3.8×10^{-3}	3.7×10^{-3}	3.8×10^{-3}	3.6×10^{-3}	4.4×10^{-7}	31.0	4.5	47.8	16.7
Усть-Илимск	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	9.1×10^{-8}	44.1	1.3	14.9	39.7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты изучения ПХБ и ХОП в атмосферном воздухе городов Иркутской обл., в которых расположены гидроэлектростанции (ГЭС), показали, что распределение их концентраций определяется атмосферным переносом, действием локальных источников, а также применением ХОП в прошлые периоды в сельском хозяйстве и в зоне строительства ГЭС для контроля численности переносчиков трансмиссивных заболеваний. Возможные локальные источники ПХБ – устаревшее электротехническое оборудование, выведенное из эксплуатации и не утилизированное методами, необходимыми для уничтожения ПХБ. Электротехническое ПХБ-содержащее оборудование в исправном состоянии (не разгерметизированное), работающее состояние или выведенное из эксплуатации и находящееся на хранении не является источником поступления ПХБ в окружающую среду. Концентрации ДДТ, ГХЦГ и ПХБ в воздухе в 2013–2014 гг. были или ниже, чем в 2008 г., или остались на прежнем уровне. Однако уровни ГХБ увеличиваются в 3–18 раз в 2013–2014 гг. по сравнению с 2008 г.

Соотношение индивидуальных соединений говорит об использовании технического ГХЦГ и относительно недавнее “свежее” локальное поступление ДДТ в некоторых населенных пунктах летом и осенью 2013 г. (35% проб). Гомологический состав ПХБ в атмосферном воздухе населенных пунктов соответствует составу ПХБ в соволе, трансформированному в результате процессов испарения с поверхности почв, других объектов-депо, накопившие ранее ПХБ, или устаревшего ПХБ-содержащего оборудования.

Величины индивидуального канцерогенного риска (ИКР) при ингаляционном воздействии ПХБ и ХОП, содержащиеся в атмосферном воз-

духе, соответствуют первому диапазону риска (равно или меньше 1×10^{-6}), которые оцениваются как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, и подлежат только периодическому контролю. ПХБ определяют около 30, а ГХЦГ и ГХБ в зависимости от населенного пункта – по 15–55% в суммарный ИКР.

Авторы благодарны директору Байкальского музея Фиалкову В.А. за возможность установки воздушных пробоотборников на территории Дендропарка музея в Листвянке.

Исследование было проведено при финансовой поддержке РФФИ № 13-05-00375, 15-05-00896 и проекта НИР VIII.69.1.1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ангара – дочь Байкала. Серия Великие реки Сибири. Иркутск: Улисс, 1994. 224 с.
2. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Эколого-геохимическая оценка “отпечатков” стойких хлорорганических пестицидов в системе почва – поверхностная вода // Агрохимия. 2008. № 1. С. 52–56.
3. Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 году” / Под ред. Н.Л. Корзун и др. Иркутск: ООО «ОАО НПО “Облмашинформ”», 2004. 296 с.
4. Гребельский С.Г. Влияние образования Братского водохранилища на динамику развития и численности мошек в Приангарье // Изв. Восточно-Сибирского отд. географ. общества СССР. 1964. Т. 62. С. 105–118.
5. Коноплев А.В., Никитин В.А., Самсонов Д.П., Черник Г.В., Рычков А.М. Полихлорированные бифенилы и хлорорганические пестициды в атмосфере дальневосточной российской Арктики // Метеорология и гидрология. 2005. № 7. С. 38–44.
6. Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Кузьмин М.И., Борисов Б.З., Бульбан А.П., Левшина С.И., Леп-

- ская Е.В., Трегубов О.Д., Юрченко С.Г., Мамонтов А.А. Распределение стойких органических загрязнителей в системе почва – атмосферный воздух в Сибири и на Дальнем Востоке // Геоэкология. 2014. № 5. С. 418–428.
7. Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Левишина С.И., Юрченко С.Г., Мамонтов А.А. Полихлорированные бифенилы и хлорорганические пестициды в системе атмосферный воздух – почва на юге Дальнего Востока России // Метеорология и гидрология. 2014. № 11. С. 45–55.
 8. Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Кузьмин М.И., Борисов Б.З., Бульбан А.П., Юрченко С.Г., Лепская Е.В., Левишина С.И., Трегубов О.Д. Исследование распределения стойких органических загрязнителей в атмосферном воздухе Азиатской территории России методом пассивного пробоотбора // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 40–47.
 9. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987. 712 с.
 10. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2012 год. М.: Росгидромет, 2013. 178 с.
 11. Организационно-методические указания по борьбе с гнусом (кровососущими комарами и мошками). Утверждено 11.01.1971 г. № 874-71// <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=ESU;n=16645;req=doc> (дата обращения 7.04.2015).
 12. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
 13. Трегер Ю.А., Розанов В.Н. Производство и потребление полихлорбифенилов в России // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. М.: ВИНТИ, 2000. Инф. вып. № 5. С. 64–70.
 14. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. М.: Наука, 1999. 462 с.
 15. Breivik K., Sweetman A., Pacyn J.M., Jone K.C. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach. 1. Global production and consumption // The Science of the Total Environment. 2002. V. 290. P. 181–198.
 16. Exposure factors handbook. National Center for Environmental Assessment: Office of Research and Development, 1997. 1193 p.
 17. Hogarh J.N., Seike N., Kobara Y., Habib A., Nam J. J., Lee J.-S., Li Q., Liu X., Li J., Zhang G., Masunaga S. Passive air monitoring of PCBs and PCNs across East Asia: A comprehensive congener evaluation for source characterization // Chemosphere. 2012. V. 86. P. 718–726.
 18. Ivanov V., Sandell E. Characterization of polychlorinated biphenyl isomers in Sovol and Trichlorodiphenyl formulations by high-resolution gas chromatography with electron capture detection and high-resolution gas chromatography-mass spectrometry techniques // Environ. Sci. Technol. 1992. V. 26. P. 2012–2017.
 19. Mamontov A.A., Mamontova E.A., Tarasova E.N., Kuzmin M.I., McLachlan M.S. Persistent organic pollutants in soil and snow from the Lake Baikal Region // Organohalogen compounds. 2004. V. 66. P. 1327–1332.
 20. 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. V. 71. P. 2869–2873.
 21. Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A. Persistent Organic Pollutants in the Natural Environments of the City of Bratsk (Irkutsk Oblast): Levels and Risk Assessment // Eurasian Soil Science. 2014. V. 47. P. 1144–1151.
 22. 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. V. 40. P. 4867–4873.
 23. Shoeib M., Harner T. Characterization and comparison of three passive air samplers for persistent organic pollutants // Environ. Sci. Technol. 2002. V. 36. P. 4142–4151.
 24. US EPA-540-R-070-002. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment) Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. Environmental Protection Agency. Washington, D.C., 2009. 68 p.

REFERENCES

1. Angara – doch' Baikala. Seriya Velikie reki Sibiry [Angara is the daughter of Baikal. The Great Siberian rivers series]. Irkutsk, Uliss Publ., 1994, 224 p. (in Russian).
2. Galiulin, R.V., and Galiulina, R.A. *Ekologo-geokhimicheskaya otsenka "otpechatkov" stoykikh khlororganicheskikh pestitsidov v sisteme pochva – po-verkhnostnaya voda* [Ecological and geochemical assessment of "fingerprints" of persistent organochlorine pesticides in the soil – surface water system]. *Agrokimiya*, 2008, no. 1, pp. 52–56. (in Russian).
3. Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i ob okhrane okryzhayushchei sredy Irkutskoi oblasti v 2003 godu" [The State report "About the status and protection of the environment in Irkutsk oblast in the year of 2003"]. N.L. Korzun et. al., Eds, Irkutsk, OOO "OAO NPO "Oblmaschinform", 2004, 296 p. (in Russian).
4. Grebel'skii, S.G. *Vliyanie obrazovaniya Bratskogo vodokhranilishcha na dinamiku razvitiya i chislennost' moshek v Priangar'e* [The influence of the Bratsk reservoir formation on the development dynamics and

- quantity of midge in CisAngara]. *Izvestiya Vostochno-Sibirskogo otdeleniya geograficheskogo obshchestva SSSR*, 1964, no. 62, pp. 105–118. (in Russian).
5. Konoplev, A.V., Nikitin, V.A., Samsonov, D.P., Chernik, G.V., and Rychkov, A.M. *Polikhlorirovannye bifenily i khlororganicheskie pestitsidy v atmosfere dalnevostochnoi rossiiskoi Arktiki* [Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in the atmosphere of the Russian Far East Arctic] *Meteorologiya i gidrologiya*, 2005, no. 7, pp. 38–44. (in Russian).
 6. Mamontova, E.A., Tarasova, E.N., Kuzmin, M.I., Borisov, B.Z., Bulban, A.P., Levshina, S.I., Lepskaya, E.V., Tregubov, O.D., Yurchenko, S.G., and Mamontov, A.A. *Raspredelenie stoykikh organicheskikh zagryaznitelei v sisteme pochva – atmosferyni vozdukh v Sibiri i na Dal’nem Vostoke* [The distribution of persistent organic pollutants in the system of soil – atmospheric air in Siberia and the Far East]. *Geoekologia*, 2014, no. 5, pp. 418–428. (in Russian).
 7. Mamontova, E.A., Tarasova, E.N., Levshina, S.I., Yurchenko, S.G., and Mamontov, A.A. *Polikhlorirovannye bifenily i khlororganicheskie pestitsidy v sisteme atmosferyni vozdukh – pochva na yuge Dal’nego Vostoka Rossii* [Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in the air – soil system of the south Russia Far East]. *Russian Journal of Meteorology and hydrology*, 2014, vol. 39, no. 11, pp. 742–749. Doi: 10.3103/s1068373914110041.
 8. Mamontova, E.A., Tarasova, E.N., Mamontov, A.A., Kuzmin, M.I., Borisov, B.Z., Bulban, A.P., Yurchenko, S.G., Lepskaya, E.V., Levshina, S.I., and Tregubov, O.D. *Issledovanie raspredeleniya stoikikh organicheskikh zagryaznitelei v atmosferynom vozdukh Aziatsoi territorii Rossii metodom passivnogo probotothora* [Investigation of persistent organic pollutants distribution in atmospheric air of the Asian territory of Russia by the passive sampling method]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2012, no. 3, pp. 40–47 (in Russian).
 9. Melnikov, N.N. *Pestitsidy. Khimiya, tekhnologiya i primeneniye* [Pesticides. Chemistry, technology and application]. Moscow, Khimia Publ., 1987, 712 p. (in Russian).
 10. *Obzor sostoyaniya i zagryazneniya sredy v Rossiiskoi Federatsii za 2012 god* [The review of environment condition and pollution in Russian Federation for 2012]. Moscow, Rosgidromet Publ., 2013. 178 p. (in Russian).
 11. *Organizatsionno-metodicheskie ukazaniya po bor’be s gnusom (krovososushchimi komarami i moshkami). Uтверждено 11.01.1971, no. 874-71* [Organizational methodological instruction on midge control (bloodsucking mosquito and flies). Approved 11.01.1971, no. 874-71]. Available at: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=ESU;n=16645;req=doc> (accessed 7.04.2015).
 12. *R 2.1.10.1920-04. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov’ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu*. [Guidance 2.1.10.1920-04. The guidance to assessing human health risk from environmental chemicals]. Moscow, Federal’nyi tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004, 143 p. (in Russian).
 13. Treger, Yu.A., and Rozanov, V.N. [The production and use of polychlorobiphenyls in Russia]. *Polikhlorirovannye bifenily. Supertoksikanty XXI veka* [Polychlorinated biphenyls. Supertoxicants of XXI century], Moscow, VINITI Publ., 2000, no. 5, pp. 64–70. (in Russian).
 14. Fedorov, L.A., and Yablokov, A.V. *Pestitsidy – toksicheskii udar po biosfere i cheloveku* [Pesticides as a toxic strike on biosphere and human]. Moscow, Nauka Publ., 1999, 462 p. (in Russian).
 15. Breivik, K., Sweetman, A., Pacyna, J.M., and Jones, K.C. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach. 1. Global production and consumption. *The Science of the Total Environment*. 2002, vol. 290, pp. 181–198.
 16. Exposure factors handbook. National Center for Environmental Assessment: Office of Research and Development, 1997, 1193 p.
 17. Hogarh, J.N., Seike, N., Kobara, Y., Habib, A., Nam, J.-J., Lee, J.-S., Li Q., Liu X., Li J., Zhang, G., and Masunaga, S. Passive air monitoring of PCBs and PCNs across East Asia: A comprehensive congener evaluation for source characterization. *Chemosphere*, 2012, vol. 86, pp. 718–726.
 18. Ivanov, V., and Sandell, E. Characterization of polychlorinated biphenyl isomers in Sovol and Trichlorodiphenyl formulations by high-resolution gas chromatography with electron capture detection and high-resolution gas chromatography-mass spectrometry techniques. *Environ. Sci. Technol.* 1992, vol. 26, pp. 2012–2017.
 19. Mamontov, A.A., Mamontova, E.A., Tarasova, E.N., Kuzmin M.I., and McLachlan, M.S. Persistent organic pollutants in soil and snow from the Lake Baikal Region. *Organohalogen compounds*, 2004, vol. 66, pp. 1327–1332.
 20. Mamontova, E.A., Kuzmin, M.I., Tarasova, E.N., and Khomutova, M.Yu. Distribution of PCBs and OCPs in air in the Irkutsk region, Russia. *Organohalogen Compounds*, 2009, vol. 71, pp. 2869–2873.
 21. Mamontova, E.A., Tarasova, E.N., and Mamontov, A.A. Persistent Organic Pollutants in the Natural Environments of the City of Bratsk (Irkutsk Oblast): Levels and Risk Assessment. *Eurasian Soil Science*, 2014, vol. 47, pp. 1144–1151.
 22. Pozo, K., Harner, T., Wania, F., Muir, D.C.G., Jones K., and Barrie L.A. Toward a global network for persistent organic pollutants in air: results from the

- GAPS study. *Environ. Sci. Technol.* 2006, vol. 40, pp. 4867–4873.
23. Shoeib, M. and Harner, T. Characterization and comparison of three passive air samplers for persistent organic pollutants. *Environ. Sci. Technol.* 2002, vol. 36, pp. 4142–4151.
24. US EPA-540-R-070-002. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment) Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. Environmental Protection Agency. Washington, D.C., 2009, 68 p.

ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN THE ATMOSPHERIC AIR IN THE TOWNS OF IRKUTSK REGION

E. A. Mamontova, A. A. Mamontov, E. N. Tarasova

*Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
ul. Favorskogo 1a, Irkutsk, 664033 Russia. E-mail: elenam@igc.irk.ru*

The paper presents the results of investigation of polychlorinated biphenyls (PCB) and organochlorine pesticides (OCP) in the atmospheric air in the towns of Irkutsk, Bratsk and Ust'-Ilimsk, where three hydroelectric power stations are located, and in two small settlements of Listvyanka and Balagansk performed in 2013-2014. The highest concentrations of PCBs and OCPs including hexachlorobenzene (HCB), α - γ -hexachlorocyclohexane (HCH) and the sum of dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) and its metabolites were found in Bratsk air (237, 159, 162 and 202, respectively), followed by those in Irkutsk air (169, 112, 113 and 106, respectively). Levels of PCB, HCH and DDT and its metabolites in Ust'-Ilimsk air (70, 9.6 and 12, respectively) were significantly lower than those found in Bratsk and Irkutsk and comparable to the levels in the air of Listvyanka (66, 12 and 8.9, respectively) and Balagansk (56, 21, and 15 respectively). PCB and OCP levels measured in the air were significantly below the Russian sanitary standards. PCB homological pattern in the air corresponds to PCB composition of Sovol modified due to the atmospheric transport. OCP levels in atmospheric air of industrial towns, where hydroelectric power stations are located, are controlled by the modern atmospheric transport and the influence of local sources, as well as the previous use of OCP in agriculture and in the construction zones of hydroelectric power stations for the control of bloodsucking insects being transmissible disease carriers. The individual carcinogenic risk (ICR) for inhalation exposure with PCB and OCP corresponds to the first diapason of risk (equal or lower then 1×10^{-6}). These risks are assessed as negligibly low not exceeding the ordinary risk level. The risk is to be under repeating control. PCBs covers about 30 percent of total ICR. HCH and HCB contribute from 15 to 55 percent of total ICR in different settlements.

Keywords: *atmospheric air; organochlorine compounds, hydro-electric power engineering, risk assessment.*