

УДК 547-3 : 615.917 : 618.3

УРОВНИ ЭКСПОЗИЦИИ К СТОЙКИМ ОРГАНИЧЕСКИМ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМ (СОЗ) НАСЕЛЕНИЯ ПЕЧЕНГСКОГО РАЙОНА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Дударев¹, Е.В. Душкина¹,
Ю.Н. Сладкова¹, В.С. Чупахин¹,
Л.А. Лукичева²

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены
и общественного здоровья», 191036,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Управление Федеральной службы по надзору в
сфере защиты прав потребителей и благополучия
человека по Мурманской области, 183038,
г. Мурманск, Российская Федерация

В рамках международного проекта КолАрктик «Безопасность пищи и здоровье в приграничных районах России, Финляндии и Норвегии» в Печенгском районе Мурманской области осенью 2013 проведен отбор 100 проб крови у мужчин, женщин и беременных. Из 40 анализировавшихся (в лаборатории северо-западного филиала НПО «Тайфун») в плазме крови СОЗ детектируемыми были ГХБ, группа ГХЦГ, группа ДДТ и группа ПХБ. В группе ГХЦГ доминирует бета-изомер; альфа-ГХЦГ выявляется в 28% проб крови женщин; гамма-ГХЦГ – у 50% женщин и у 22% беременных. Присутствие изомеров ГХЦГ в крови обследованных однозначно связано с иными (отличными от местных продуктов питания) источниками, т.к. в местной пище ГХЦГ отсутствует. В группе ДДТ преобладают 4,4ДДЕ и 4,4ДДТ; остальные метаболиты встречаются редко. При этом у 22% беременных обнаружен 4,4ДДД, что свидетельствует о вероятном наличии бытового «свежего» источника ДДТ в родильном отделении п.Никель. Средние уровни ГХБ, бета-ГХЦГ, 4,4ДДЕ, 4,4ДДТ среди обследуемых находятся в диапазоне 0,13-1,4 мкг/л плазмы крови. Из пятнадцати конгенов ПХБ, анализировавшихся в крови обследованных лиц трех групп населения, наибольший «вклад» в суммарный ПХБ вносят конгены: #118 (17-25%), #138 и #153 (по 11-17%), #52 (10-14%) и #101 (8-9%). В целом долевая «палитра» конгенов ПХБ в крови обследованного населения соответствует таковой в местных пищевых продуктах. Средние уровни суммарного ПХБ в обследованных группах населения невелики – около 1 мкг/л плазмы у беременных и около 1,5 мкг/л плазмы у мужчин и женщин. Ни у кого из обследованных (включая беременных) не выявлено превышений международных рекомендуемых уровней содержания в крови суммарного ПХБ. Содержание ГХБ, 4,4ДДЕ и ПХБ#153 в крови населения Печенгского р-на – самое низкое в сравнении с другими Арктическими регионами РФ (от Мурманской области до Чукотки), а среди беременных женщин – аналогично таковому в соседней северной Норвегии.

Ключевые слова: стойкие органические загрязнители, СОЗ, ГХБ, ГХЦГ, ДДТ, конгены ПХБ, экспозиция, плазма крови, беременные, рекомендуемые уровни, уровень беспокойства, уровень действий, Мурманская область, Российская Арктика.

Введение. Наши исследования в рамках международного проекта КолАрктик «Безопасность пищи и здоровье в приграничных районах России, Финляндии и Норвегии», стартовавшего осенью 2013 года в Печенгском районе Мурманской области, подверженном влиянию промышленных выбросов комбината «Печенганикель» ОАО «Кольской горно-металлургической компании», позволили изучить содержание стойких органических загрязнителей (СОЗ) в местных пищевых продуктах животного происхождения [2]. Актуальность нынешнего фрагмента исследований определяется тем, что экспозиция

Дударев Алексей Анатольевич (Dudarev Alexey Anatolievich), доктор медицинских наук, руководитель отдела гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, alexey.d@inbox.ru

Душкина Евгения Валерьевна (Dushkina Eugenia Valerievna), аспирант отдела гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, dushka9005@mail.ru

Сладкова Юлия Николаевна (Sladkova Yulia Nikolaevna), научный сотрудник отдела гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, sladkova.julia@mail.ru

Чупахин Валерий Сергеевич (Chupakhin Valeriy Sergeevich), кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник отдела гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, valeriy.chupakhin@gmail.com

Лукичева Лена Александровна (Lukicheva Lena Alexandrovna), кандидат медицинских наук, руководитель Управления Роспотребнадзора по Мурманской области, 183038, г. Мурманск, Российская Федерация, adm@murmancpotrebнадzor.ru

к СОЗ населения Печенгского района, проживающего в зоне промышленного загрязнения и потребляющего местные пищевые продукты и воду местных водоисточников, прежде никогда не оценивалась.

Целью исследования являлась оценка содержания СОЗ в крови обследуемого населения и сопоставление выявленных концентраций поллютантов с международными рекомендуемыми уровнями.

Материалы и методы исследования. Протокол исследований был одобрен решением локального Этического комитета при ФБУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья (IRB0006281; Протокол № 31 от 22.07.2013 г.). Отбор проб крови проводился в два этапа: 1) во время экспедиционного выезда в сентябре 2013 г. – среди общего населения п.Никель, где из 200 проанкетированных лиц каждый четвертый сдавал кровь; в итоге сформировалась случайная выборка численностью 50 человек, 2) в период с ноября 2013 г. до марта 2014 г. - среди беременных женщин, проживающих в Печенгском районе и поступивших в родильное отделение п.Никель (куда заблаговременно были доставлены необходимые расходные материалы и был проведен инструктаж акушеров и среднего медперсонала); обследовались все беременные (в третьем триместре), и к марту 2014 г. набралась выборка в 50 человек. Всего было отобрано 100 персональных проб крови.

Характеристика обследованных групп населения. Все обследованные – этнические русские. Среди общего населения п.Никель обследовано 18 мужчин (средний возраст 39,9 лет, диапазон 27-54 лет) и 32 женщины (средний возраст 45,2 лет, диапазон 26-65 лет). Все 50 обследованных имели стаж проживания в п.Никель не менее 20 лет (исходное условие для участия в исследовании), что предполагает многолетнее формирование у резидентов баланса экспозиции к СОЗ, прежде всего за счет потребления местной пищи и воды. Все обследованные мужчины работают на руднике Каула-Котсельваара (основные профессии: горный инженер, горный мастер, горнорабочий, проходчик, машинист электровоза, электрослесарь); 75% обследованных женщин – работники местных детских садов и школ (основные профессии: воспитатель, педагог, повар, медсестра, бухгалтер). Таким образом, имеется возможность сравнения уровней экспозиции группы мужчин, как «производственников» и группы женщин, как работников, не связанных с производством. Стаж работы на различных предприятиях п.Никель в обеих группах существенно варьируется от 3 до 40 с лишним лет.

Среди обследованных в родильном отделении п.Никель 50 беременных женщин (средний возраст 29,2 лет, диапазон 21-42 лет) 54% проживают

в п.Никель и 46% – в г.Заполярный. 30% всей численности беременных – безработные, основные профессии остальных 70%: воспитатель, продавец, врач, медсестра, кладовщик.

Отбор и подготовка проб крови. Отбор проб крови производился (после получения от обследуемых добровольного письменного согласия) из локтевой вены с помощью вакутайнеров Becton Dickinson (США), обработка крови – с использованием пипеток Sarstedt (Германия) и виал Supelco (США). У каждого обследуемого было отобрана проба цельной крови, из которой после центрифугирования (3000 об/мин) получена проба плазмы крови. Транспортировка замороженных (при -20°C) образцов производилась в специальных термоконтейнерах.

Спектр анализируемых поллютантов. Образцы были доставлены в лабораторию Северо-Западного филиала НПО «Тайфун» (имеющей международный сертификат аккредитации на исследование СОЗ в биосредах человека), где был проведен химический анализ содержания в пробах плазмы крови сорока СОЗ: гексахлорбензол (ГХБ), 3 изомера гексахлорциклогексана (β -ГХЦГ, α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ), 6 метаболитов дихлордифенилтрихлорэтана (4.4ДДЕ, 4.4ДДТ, 2.4ДДЕ, 2.4ДДТ, 2.4ДДД, 4.4ДДД), 3 изомера тетрахлорбензола (1,2,3,4-ТХБ, 1,2,3,5-ТХБ, 1,2,4,5-ТХБ), пентахлорбензол, гептахлор, гептахлорэпоксид, транс-хлордан, цис-хлордан, транс-нонахлор, цис-нонахлор, альдрин, оксихлордан, фотомирекс, мирекс, 15 конгенов полихлорированных бифенилов (#28, #31, #52, #99, #101, #105, #118, #128, #138, #153, #156, #170, #180, #183, #187) и суммарный ПХБ. Результаты анализа были представлены в двух вариантах – концентрации поллютантов на единицу объема плазмы крови (мкг/л) и на единицу веса липидов (нг/г липидов).

Оценка полученных в ходе химического анализа данных о содержании СОЗ в крови обследованных лиц базировалась на их сопоставлении с международными рекомендуемыми уровнями. Современный международный регламент из исследуемого нами перечня персистентных хлороорганических соединений определяет рекомендуемые пределы только для суммы ПХБ; стандарты были разработаны в разные годы Министерством здравоохранения Канады (Health Canada) [7], Комиссией по биомониторингу человека Германии (НВМ Comission) [6] и Агентством по пище и безопасности здоровья в условиях окружающей и производственной среды Франции (ANSES) [3]. Рекомендуемые пределы содержания в крови ДДТ и ГХБ в последние годы интенсивно обсуждаются в мировой научной периодике, однако утвержденных регламентов по данным поллютантам пока нет.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены частоты детектирования СОЗ в плазме крови обследованных групп. Сразу необходимо отметить, что среди сорока анализируемых СОЗ детектируемыми оказались только ГХБ, группа ГХЦГ, группа ДДТ и группа ПХБ. Практически у всех обследованных в крови содержится ГХБ. В группе ГХЦГ доминирует бета-изомер (78-100% проб); альфа-изомер практически не детектируется у мужчин и беременных, а у женщин выявляется в 28% проб; гамма-изомер фактически отсутствует у мужчин, но определяется в половине проб крови женщин и 22% проб крови беременных. В группе ДДТ, как и следует ожидать, преобладают наиболее стойкий метаболит 4,4ДДЕ (100% всех проб) и собственно 4,4ДДТ (81-100% проб); остальные метаболиты встречаются редко, за исключением 2,4ДДЕ у женщин (16% проб) и беременных (22% проб) и 4,4ДДД у беременных (22% проб). Таким образом, среди мужчин детектируемость ГХБ, всех изомеров ГХЦГ и большинства метаболитов ДДТ наименьшая; среди женщин чаще регистрируются альфа и гамма изомеры ГХЦГ (28% и 50% соответственно) и 2,4ДДЕ (16%); среди беременных наиболее высок процент регистрации бета-ГХЦГ, 4,4ДДТ, 2,4ДДТ и, что особенно важно, 4,4ДДД (22%).

Относительно частая выявляемость у беременных столь редко регистрируемого в крови 4,4ДДД (метаболит, присутствующий в исходной технической смеси в очень малых количествах, и одновременно являющийся продуктом медленного распада 4,4ДДТ, а также имеющий самую низкую скорость выведения из организма человека) свидетельствует о вероятном наличии бытового «свежего» источника ДДТ в родильном отделении п.Никель (м.б. в составе каких-то инсектицидов). Присутствие в крови почти всех обследованных бета-ГХЦГ и достаточно высокий процент детектирования альфа и гамма изомеров ГХЦГ среди женщин и гамма изомеров среди беременных, также наводит на мысль о присутствии иных (отличных от местных продуктов питания) источников экспозиции к ГХЦГ. Ранее проведенный анализ местной пищи жителей Печенгского района [2] показал полное отсутствие всех трех изомеров ГХЦГ во всех местных продуктах животного происхождения. Присутствие значительных концентраций СОЗ в бытовых средствах борьбы с насекомыми было подробно описано нами ранее [4, 1] по результатам исследований на Чукотке в 2001-2003 гг.

Частота детектирования ПХБ в крови обследованных лиц также весьма различна. В крови обследованных лиц всех трех групп преобладают (табл. 1) восемь конгенов ПХБ (из пятнадцати исследованных): планарный три-хлорирован-

ный #28, непланарный тетра-хлорированный #52, непланарные пента-хлорированные #99 и #101, планарные диоксиноподобные пента-хлорированные #105 и #118, непланарные гекса-хлорированные #138 и #153.

В таблицах 2 и 3 представлены средние и максимальные концентрации СОЗ и ПХБ (минимальные значения не приведены, т.к. они, как правило, находятся ниже предела детектирования). Соотношение средних или максимальных концентраций каждого из поллютантов, выраженное в мкг/л плазмы у мужчин, женщин и беременных, может не соответствовать соотношению концентраций, выраженных в нг/г липидов, т.к. индивидуальные различия в содержании липидов крови существенно влияют на расчетные величины.

Средние уровни ГХБ и 4,4ДДЕ в трех сравниваемых группах (табл. 2) мало отличаются (в пределах 20-40%); средние уровни бета-ГХЦГ наиболее высоки у женщин (в 2 и 3 раза выше в сравнении с мужчинами и беременными соответственно); средние уровни 4,4ДДТ у женщин вдвое ниже, чем у мужчин и беременных. При этом максимальные концентрации практически всех СОЗ выявляются у беременных.

Средние уровни отдельных конгенов ПХБ (табл. 3) также характеризуются слабыми различиями в сравниваемых группах, при этом максимальные уровни конгенов регистрируются у мужчин. Средние уровни суммарного ПХБ невелики – около 1 мкг/л плазмы у беременных и около 1,5 мкг/л плазмы у мужчин и женщин. Максимум суммарного ПХБ составляет 3,2 мкг/л (у беременных), а рассчитанный на липидный вес – 753 нг/г липидов (у мужчин).

Конгенерный состав суммарного ПХБ в крови населения Печенгского района представлен в таблице 4.

Наибольший «вклад» в суммарный ПХБ для всех групп населения (табл. 4) дает #118 конгенер (17-25%), далее следуют конгены #138 и #153 (11-17%), #52 (10-14%) и #101 (8-9%); меньшие доли составляют #28 (6-7%), #99 (4-6%), #105 (5-7%), #180 (6-9%); ничтожно малый «вклад» дают конгены #156, #128, #170 и #187; вовсе не детектируются #31 и #183. В целом долевая «палитра» конгенов ПХБ в крови обследованного населения соответствует таковой в местных пищевых продуктах [2], за исключением #28 конгенера, незначительная доля которого была выявлена лишь в глухаре и семге, а в других продуктах данный конгенер не определялся.

При сопоставлении уровней экспозиции к ПХБ обследованных групп населения (табл. 2) с рекомендуемыми уровнями содержания в крови суммарного ПХБ (табл. 5) следует констатировать, что ни у кого из обследованных (вкл. бере-

Таблица 1

Частота детектирования СОЗ в плазме крови (% лиц с наличием в плазме крови детектируемых концентраций СОЗ) населения Печенгского района

| | Мужчины, % | Женщины, % | Беременные, % |
|---------|------------|------------|---------------|
| ГХБ | 94 | 100 | 100 |
| β-ГХЦГ | 78 | 91 | 100 |
| α- ГХЦГ | 6 | 28 | 2 |
| γ-ГХЦГ | 6 | 50 | 22 |
| 4.4 ДДЕ | 100 | 100 | 100 |
| 4.4 ДДТ | 94 | 81 | 100 |
| 2.4 ДДЕ | 6 | 16 | 10 |
| 2.4 ДДТ | - | 3 | 6 |
| 2.4 ДДД | - | - | - |
| 4.4 ДДД | - | 3 | 22 |
| ПХБ | | | |
| #28 | 67 | 81 | 40 |
| #31 | - | - | - |
| #52 | 78 | 94 | 56 |
| #99 | 61 | 75 | 68 |
| #101 | 89 | 94 | 80 |
| #105 | 83 | 78 | 52 |
| #118 | 89 | 100 | 100 |
| #156 | 6 | 13 | - |
| #128 | - | 19 | - |
| #138 | 89 | 94 | 100 |
| #153 | 89 | 97 | 100 |
| #170 | 28 | 9 | 8 |
| #180 | 67 | 56 | 30 |
| #183 | - | - | - |
| #187 | 6 | 16 | 16 |
| ∑ПХБ | 94 | 100 | 100 |

менных) не выявлено превышений рекомендуемых уровней ни по какому из трех используемых в международной практике регламентов. Даже выявленные максимальные уровни суммарного ПХБ не достигают рекомендуемого уровня «беспокойства» (3,5 мкг/л) или «критического» поро-

га (700 нг/г липидов) для женщин репродуктивного возраста и, тем более, 20 мкг/л или 1800 нг/г липидов для мужчин.

Географические различия экспозиции к СОЗ населения Арктики. Печенгский р-н Мурманской области граничит с Норвегией, п.Никель

Таблица 2

Концентрации основных СОЗ в плазме крови (мкг/л плазмы и нг/г липидов) населения Печенгского района

| | | ГХБ | β-ГХЦГ | α-ГХЦГ | γ-ГХЦГ | 4.4 ДДЕ | 4.4 ДДТ | 2.4 ДДЕ | 4.4 ДДД | 2.4 ДДТ |
|-------------------|------|--------------|--------------|--------|-------------|---------------|--------------|---------|---------|---------|
| мужчины | | | | | | | | | | |
| мкг/л плазмы | сред | 0,24 | 0,22 | - | - | 1,05 | 0,27 | - | - | - |
| | макс | 0,74 | 0,55 | 0,17 | 0,06 | 3,36 | 0,70 | 0,33 | - | - |
| нг/г липидов | сред | 51,2 | 53,8 | - | - | 216,5 | 56,1 | - | - | - |
| | макс | 189,0 | 111,9 | 30,0 | 8,1 | 940,0 | 131,9 | 72,0 | - | - |
| женщины | | | | | | | | | | |
| мкг/л плазмы | сред | 0,26 | 0,43 | 0,10 | 0,13 | 1,37 | 0,13 | 0,06 | - | - |
| | макс | 0,55 | 1,20 | 0,27 | 0,34 | 4,66 | 0,57 | 0,09 | 0,15 | 0,07 |
| нг/г липидов | сред | 35,9 | 64,3 | 12,6 | 20,7 | 171,3 | 21,9 | 8,5 | - | - |
| | макс | 74,4 | 157,1 | 18,9 | 44,0 | 537,7 | 123,9 | 12,3 | 19,2 | 14,8 |
| беременные | | | | | | | | | | |
| мкг/л плазмы | сред | 0,20 | 0,15 | - | 0,10 | 1,28 | 0,24 | 0,05 | 0,15 | - |
| | макс | 2,22 | 1,31 | 0,09 | 0,46 | 8,56 | 3,11 | 0,07 | 0,34 | 0,08 |
| нг/г липидов | сред | 24,5 | 18,4 | - | 16,9 | 158,7 | 30,1 | 6,8 | 19,4 | - |
| | макс | 251,6 | 145,8 | 11,9 | 55,8 | 1220,8 | 376,4 | 8,9 | 34,2 | 16,7 |

Таблица 3

Концентрации основных конгенов и суммы ПХБ в плазме крови (мкг/л плазмы и нг/г липидов) населения Печенгского района

| | | #28 | #52 | #99 | #101 | #105 | #118 | #138 | #153 | #180 | ∑ПХБ |
|-------------------|------|------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| мужчины | | | | | | | | | | | |
| мкг/л плазмы | сред | 0,14 | 0,24 | 0,1 | 0,14 | 0,13 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,19 | 1,58 |
| | макс | 0,22 | 0,56 | 0,15 | 0,27 | 0,26 | 0,66 | 0,72 | 0,64 | 0,42 | 2,94 |
| нг/г липидов | сред | 31,8 | 53,5 | 21,0 | 26,3 | 25,9 | 58,5 | 50,7 | 55,0 | 34,7 | 317,4 |
| | макс | 59,0 | 113,0 | 45,1 | 55,5 | 48,6 | 133,9 | 106,4 | 141,3 | 106,2 | 753,0 |
| женщины | | | | | | | | | | | |
| мкг/л плазмы | сред | 0,13 | 0,23 | 0,12 | 0,16 | 0,11 | 0,28 | 0,24 | 0,23 | 0,16 | 1,59 |
| | макс | 0,19 | 0,53 | 0,36 | 0,37 | 0,24 | 0,64 | 0,6 | 0,54 | 0,39 | 2,76 |
| нг/г липидов | сред | 20,6 | 35,4 | 17,5 | 23,2 | 14,8 | 39,5 | 32,3 | 31,3 | 19,9 | 219,1 |
| | макс | 37,0 | 86,9 | 72,2 | 59,6 | 52,9 | 94,2 | 74,9 | 61,0 | 56,5 | 456,0 |
| беременные | | | | | | | | | | | |
| мкг/л плазмы | сред | 0,06 | 0,1 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,25 | 0,11 | 0,13 | 0,05 | 0,98 |
| | макс | 0,28 | 0,42 | 0,45 | 0,34 | 0,55 | 0,99 | 0,46 | 0,4 | 0,47 | 3,17 |
| нг/г липидов | сред | 19,9 | 21,7 | 16,3 | 13,2 | 18,3 | 31,1 | 13,1 | 15,6 | 19,1 | 122,9 |
| | макс | 58,5 | 81,8 | 49,9 | 39,0 | 66,6 | 119,3 | 48,2 | 56,7 | 46,8 | 368,8 |

Таблица 4

Долевой состав конгенов ПХБ (% от суммы ПХБ) в крови населения Печенгского района

| #ПХБ | мужчины | женщины | беременные |
|------|-------------|-------------|-------------|
| #28 | 6,2 | 6,9 | 6,1 |
| #31 | - | - | - |
| #52 | 12,5 | 13,8 | 9,8 |
| #99 | 4,0 | 5,8 | 9,4 |
| #101 | 8,1 | 9,4 | 9,1 |
| #105 | 7,2 | 5,4 | 8,6 |
| #118 | 17,2 | 17,8 | 25,5 |
| #156 | 0,6 | 0,7 | - |
| #128 | - | 3,8 | - |
| #138 | 16,3 | 14,9 | 10,8 |
| #153 | 16,8 | 14,6 | 13,1 |
| #170 | 2,1 | 0,4 | 1,0 |
| #180 | 8,5 | 5,7 | 4,8 |
| #183 | - | - | - |
| #187 | 0,4 | 0,8 | 1,6 |
| ∑ПХБ | 100% | 100% | 100% |

расположен вблизи государственной границы. Сравнительные данные по уровням ГХБ, 4,4ДДЕ и ПХБ#153 в крови беременных женщин Северной Норвегии (регион, объединяющий округа Нордланд, Тромс и Финнмарк) [5] и Печенгского р-на представлены в таблице 3.

Среднегеометрические концентрации ГХБ в крови беременных норвежек примерно вдвое ниже, чем в крови беременных россиянок, концентрации 4,4ДДЕ – втрое ниже (табл. 6), а уровни ПХБ#153 – наоборот, вдвое выше соответству-

ющих уровней у россиянок.

Для оценки географических различий уровней экспозиции к ГХБ, 4,4ДДЕ и ПХБ#153 мужчин, женщин и беременных различных регионов Российской Арктики (в сравнении с результатами нынешней работы) мы использовали данные, полученные в рамках GEF/АМАР проекта 2001-2004 годов [1,8] по коренному населению Ловозерского р-на Мурманской области, Ненецкого, Таймырского, Чукотского округов, Камчатки и Командорских островов; в г.Норильск были обследованы этнические русские беременные женщины. Сравнимые СОЗ являются в циркумполярном мире предметом изучения и мониторинга в качестве ключевых факторов глобальных процессов переноса поллютантов и экспозиции населения.

Сравнительный анализ содержания ГХБ, 4,4ДДЕ и ПХБ#153 в крови мужчин, женщин и беременных (рис. 1), проживающих в разных Арктических регионах РФ, показывает, что все три группы населения Печенгского р-на Мурманской области демонстрируют самые низкие уровни экспозиции ко всем трем поллютантам. Самые высокие уровни экспозиции к 4,4ДДЕ характерны для мужчин и женщин с.Ловозеро (Ловозерский р-н Мурманской области), к ГХБ – для мужчин и женщин Таймырского АО, к ПХБ#153 – для всех трех групп населения прибрежной Чукотки.

Выводы:

1. Из сорока анализировавшихся СОЗ детектируемыми в крови обследованных являлись только ГХБ (94-100% проб), группа ГХЦГ, группа ДДТ и группа ПХБ.

2. В группе ГХЦГ доминирует бета-изомер (78-100% проб); альфа-изомер практически не детектируется у мужчин и беременных, а у женщин выявляется в 28% проб; гамма-изомер фактически отсутствует у мужчин, но определяется в 50% проб крови женщин и 22% проб крови беременных.

3. Присутствие в крови почти всех обследованных бета-ГХЦГ и достаточно высокий процент детектирования альфа и гамма изомеров ГХЦГ среди женщин и гамма изомеров среди беремен-

Таблица 5

Международные рекомендуемые уровни содержания в крови суммы ПХБ

| сумма ПХБ | | уровень «беспокойства» | | уровень «действий» | | «критический» порог | |
|-------------------------|--------------|------------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | | ж<45 лет | М + ж >45 лет | ж<45 лет | М + ж >45 лет | ж<45 лет | М + ж >45 лет |
| Health Canada, 1994 [7] | мкг/л плазмы | 5 | 20 | 100 | 100 | - | - |
| German HBM, 2003[6] | мкг/л плазмы | 3.5 | - | 7 | - | - | - |
| French ANSES, 2010 [3] | нг/г липидов | - | - | - | - | 700 | 1800 |

Таблица 6

Концентрации некоторых СОЗ в крови беременных женщин Северной Норвегии и Печенгского р-на Мурманской области, нг/г липидов крови

| | ГХБ | 4,4ДДЕ | ПХБ#153 |
|---|------|--------|---------|
| Северная Норвегия (пробы отобраны в 2006-2008) | | | |
| среднегеом. | 9,6 | 38,7 | 24,8 |
| макс | 53,3 | 351 | 201 |
| Печенгский р-н (пробы отобраны в 2013-2014) | | | |
| среднегеом. | 18,2 | 102 | 12,2 |
| макс | 252 | 1221 | 56,7 |

ных, однозначно связано с иными (отличными от местных продуктов питания) источниками экспозиции к ГХЦГ. Ранее проведенный анализ местной пищи жителей Печенгского района показал полное отсутствие всех трех изомеров ГХЦГ во всех местных продуктах животного происхождения.

4. В группе ДДТ преобладают 4,4ДДЕ (100% всех проб) и 4,4ДДТ (81-100% проб); остальные метаболиты встречаются редко, за исключением 2,4ДДЕ у женщин (16% проб) и беременных (22% проб) и 4,4ДДД у беременных (22% проб). Относительно частая выявляемость у беременных в крови 4,4ДДД свидетельствует о вероятном наличии бытового «свежего» источника ДДТ в родильном отделении п.Никель.

5. Средние уровни ГХБ (0,2-0,26 мкг/л плазмы) и 4,4ДДЕ (1-1,4 мкг/л) мало отличаются внутри трех сравниваемых групп; средние уровни бета-ГХЦГ (0,15-0,43 мкг/л) наиболее высоки у женщин; средние уровни 4,4ДДТ (0,13-0,27 мкг/л) у женщин вдвое ниже, чем у мужчин и беременных. При этом максимальные концентрации этих СОЗ выявляются у беременных.

6. Из пятнадцати анализировавшихся в крови обследованных лиц трех групп населения преобладают восемь конгенов ПХБ: #28, #52, #99, #101, #105, #118, #138 и #153. Наибольший «вклад» в суммарный ПХБ для всех групп населения вносят конгены: #118 (17-25%), #138 и #153 (по 11-17%), #52 (10-14%) и #101 (8-9%). В целом долевая «палитра» конгенов ПХБ в крови обследованного населения соответствует таковой в местных пищевых продуктах.

7. Средние уровни суммарного ПХБ в обследованных группах населения невелики – около 1 мкг/л плазмы у беременных и около 1,5 мкг/л плазмы у мужчин и женщин. Ни у кого из обследованных (включая беременных) не выявля-

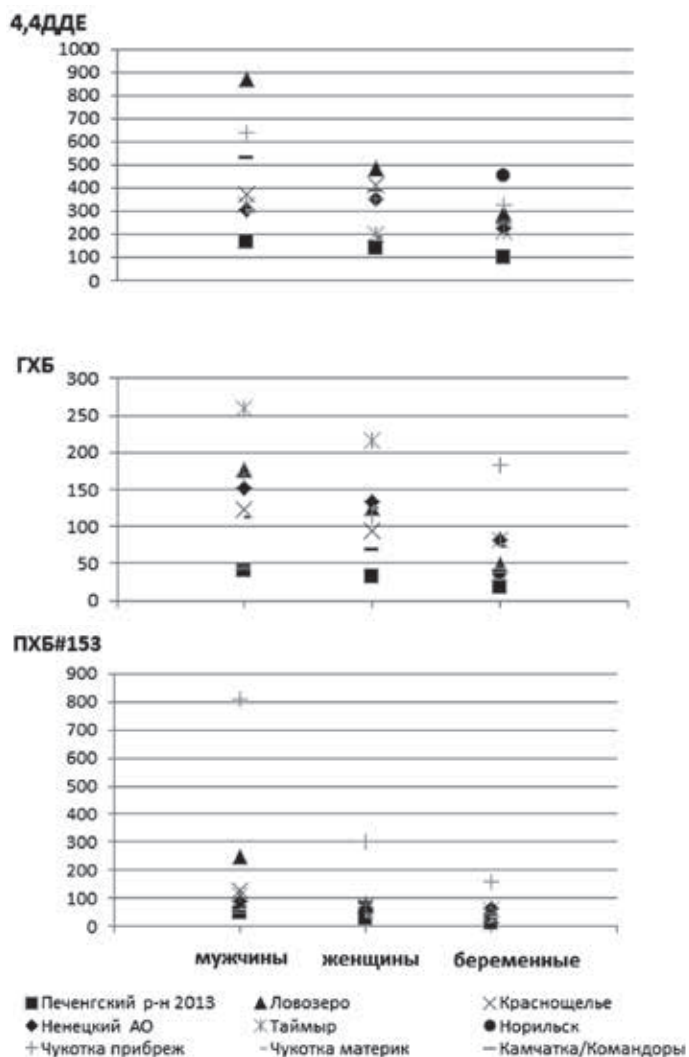


Рис.1. Концентрации ГХБ, 4,4ДДЕ и ПХБ#153 в крови (нг/г липидов, среднегеометрические значения) трех групп населения Мурманской области (Печенгский р-н, с.Ловозеро и с.Краснощелье), Ненецкого АО, Таймырского АО, г.Норильска, Чукотского АО (прибрежные и материковые районы), Камчатки и Командорских островов [1,8].

Пояснения:

4,4ДДЕ – дихлородифенилдихлорэтилен;

ГХБ – гексахлорбензол;

ПХБ#153 – полихлорированный бифенил, конгенер №153;

Ось АБСЦИСС – три группы обследованного населения – мужчины, женщины и беременные;

Ось ОРДИНАТ – концентрации ГХБ, 4,4ДДЕ и ПХБ#153 в крови (нг/г липидов, среднегеометрические значения);

но превышений международных рекомендуемых уровней содержания в крови суммарного ПХБ.

8. Содержание ГХБ, 4,4ДДЕ и ПХБ#153 в крови населения Печенгского р-на – самое низкое в сравнении с другими Арктическими регионами РФ (от Мурманской области до Чукотки), а среди беременных женщин – аналогично таковому в соседней северной Норвегии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дударев А. А., Душкина Е. В., Сладкова Ю. Н., Бузова Д. В., Гушин И. В., Талькова Л. В. и др. Стойкие органические загрязнители (СОЗ) в местных продуктах питания Печенгского района Мурманской области. Токсикологический вестник. 2015;4(133):18-25.
2. Дударев А. А. Персистентные полихлорированные углеводороды и тяжелые металлы в арктической биосфере – основные закономерности экспозиции и репродуктивное здоровье коренных жителей. Биосфера. 2009;2:186-202.
3. ANSES, French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety. Guidelines on PCB. 2010.
4. Dudarev A.A. Household and occupational sources of exposure // Section 4.5 in Chapter 4 «Persistent toxic substances (PTS) sources and pathways» in the AMAP 2004: Persistent Toxic Substances, Food Security and Indigenous Peoples of the Russian North. Final Report. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2004:78-80.
5. Gibson G.C., Adlard B., Olafsdottir K., Sandanger T.M. Levels and trends of contaminants in humans // Chapter 3 in the AMAP Assessment 2015: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2015:21-76.
6. HBM, Human Biomonitoring Commission (Kommission "Human Biomonitoring des Umweltbundesamtes). 2003. Aktualisierung der Referenzwerte für PCB-138, -153, -180 im Vollblut sowie Referenzwerte für HCB, b-HCH und DDE im Vollblut. Bundesgesundhbl 46, 161-168 (in German).
7. Health Canada. 1994. Human Health Risk Assessment for Priority Substances. Canada Communication Group, Ottawa, Canada.
8. Van Oostdam J, Donaldson SG. Human Tissue Levels of Environmental Contaminants // Chapter 5 in the AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2009:61-110.

REFERENCES:

1. Dudarev A.A. Persistent polychlorinated hydrocarbons and heavy metals in the Arctic biosphere – main regularities and reproductive health of indigenous people. Biosphere. 2009;2:186-202. (in Russian).
2. Dudarev A.A., Dushkina E.V., Sladkova Y.N., Buзова D.V., Gushin I.V., Talykova L.V. et al. Persistent organic pollutants (POPs) in local foods of Pechenga district of Murmansk oblast. Toxicological vestnik. 2015;(4 -133):18-25. (in Russian).
3. ANSES, French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety. Guidelines on PCB. 2010.
4. Dudarev A.A. Household and occupational sources of exposure // Section 4.5 in Chapter 4 «Persistent toxic substances (PTS) sources and pathways» in the AMAP 2004: Persistent Toxic Substances, Food Security and Indigenous Peoples of the Russian North. Final Report. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2004:78-80.
5. Gibson G.C., Adlard B., Olafsdottir K., Sandanger T.M. Levels and trends of contaminants in humans // Chapter 3 in the AMAP Assessment 2015: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2015:21-76.
6. HBM, Human Biomonitoring Commission (Kommission "Human Biomonitoring des Umweltbundesamtes). 2003. Aktualisierung der Referenzwerte für PCB-138, -153, -180 im Vollblut sowie Referenzwerte für HCB, b-HCH und DDE im Vollblut. Bundesgesundhbl 46:161-168 (in German).
7. Health Canada. 1994. Human Health Risk Assessment for Priority Substances. Canada Communication Group, Ottawa, Canada.
8. Van Oostdam J, Donaldson SG. Human Tissue Levels of Environmental Contaminants // Chapter 5 in the AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2009:61-110.

A.A. Dudarev¹, E.V. Dushkina¹, Y.N. Sladkova¹, V.S. Chupakhin¹, L.A. Lukicheva²

EXPOSURE LEVELS OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPs) AMONG POPULATION OF THE PECHENGA DISTRICT IN THE MURMANSK REGION

¹ Northwest Scientific Center for Hygiene and Public Health Center, 191036, St. Petersburg, Russian Federation;

² Department of the Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Well-being in the Murmansk Region, 183038, Murmansk, Russian Federation.

Within the framework of the international project Kolarctic «Food safety and health in the border areas of Russia, Finland and Norway» in the Pechenga district of the Murmansk Region, 100 blood samples were selected from men, women and gravidae in autumn 2013. In blood plasma of 40 persons analyzed in the laboratory of the Northwest branch of the Research and Production Enterprise «Typhoon» the following POPs were detectable: HCB, HCH Group, DDT and PCBs groups. In the HCH group, beta-isomer prevailed; alpha-HCH was detected in 28% of female blood samples; gamma-HCH – in 50% of women and in 22% of pregnant women. The presence of HCH isomers in the blood of examined individuals was uniquely associated with other nutrition sources (unlike local food) as HCH is not present in the local food. In DDT group, 4-4'-DDE and 4,4'-DDT dominated; other metabolites are rarely encountered. At the same time, 4'-4DDE was detected in 22% of pregnant women which gives evidence of a DDT probable domestic «fresh» source at the maternity ward in Nickel settlement. Mean levels of HCB, beta-HCH, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT among examined individuals are ranged between 0.13 and 1.4mg /l in blood plasma. Of fifteen PCB congeners analyzed in the blood of examined persons from three population groups, the highest «contribution» to the total PCB is made by the following congeners: # 118 (17-25%), # 138 and # 153 (11-17% each), # 52 (10-14%) and # 101 (8-9%). In whole, share parts of PCB congeners in blood of the population examined correspond to those in local foodstuff. Average levels of total PCB in the population groups examined are not high – about 1mg /l in plasma of pregnant women and 1.5 mg /l in male and female plasma. None of individuals examined (including gravidae) showed an excess over international recommended levels of total PCB in blood. The content of HCB, PCBs 4,4'-DDE and PCB # 153 in the population blood in the Pechenga district is the lowest in comparison with other regions of the Russian Arctic areas (from the Murmansk region to Chukotka), and among the gravidae it is similar to that in neighboring northern Norway.

Keywords: persistent organic pollutants (POPs), HCB, HCH, DDT, PCB congeners, exposure, blood plasma, pregnant women, recommended levels, level of concern, exposure level, Murmansk Region, Russian Arctic.

Материал поступил в редакцию 17.05.2016 г.