



Краткий доклад

Мониторинг ртути для женщин детородного возраста в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Совместный проект IPEN/BRI/ЮНЕП

Апрель 2017 г.

Проект доклада, автор - Ли Белл,
политический консультант IPEN по ртути
Соглашение о малом финансировании ЮНЕП
код: SSFA/2015/DTIE/Chemicals Branch/IPEN/Hair monitoring

Контекст

В этом кратком докладе приводятся обобщенные результаты пилотного исследования, выполненного Международной сетью по ликвидации СОЗ (IPEN) в сотрудничестве с Институтом изучения биоразнообразия (BRI) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) для оценки содержания ртути в организме для отобранных участников в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Пилотное исследование *Мониторинг ртути в организме женщин детородного возраста в Азиатско-Тихоокеанском регионе* проводилось в течение 2015 и 2016 гг. *неприбыльными* организациями-участницами сети IPEN под надзором группы проекта IPEN. Целью этого проекта было получить данные содержания ртути в организме женщин детородного возраста в Азиатско-Тихоокеанском регионе, чтобы внести свой вклад в национальные и международные усилия по мониторингу ртути в процессе подготовки к ратификации и реализации Минаматской конвенции по ртути.

В соответствии с методологией исследования, от организаций-участниц IPEN требовалось определить 30-35 женщин детородного возраста (который определялся как 18 - 44 года) в отобранных местах, которые будут согласны принять участие в исследовании, представив небольшую пробу волос и заполнив форму опросного листа. Пробы волос отправлялись для анализа в лаборатории BRI в штате Мэйн, США.

Женщины этой возрастной группы отбирались в связи с тем, что они представляют ключевую когорту уязвимых групп населения, подверженных риску воздействия ртути, мощного нейротоксического вещества, которое может влиять и на здоровье матери, и на развивающийся плод на различных стадиях развития, приводя к последствиям, проявляющимся в течение всей последующей жизни ребенка¹.

В процессе консультаций с ЮНЕП, группа проекта IPEN/BRI установила, что необходимо сосредоточиться на получении данных для Азиатско-Тихоокеанского региона, уделяя при этом особое внимание малым островным развивающимся государствам Тихого океана, поскольку их жители в значительной степени зависят от рыбы как от основного источника белка. Потребление рыбы является одним из ключевых маршрутов поступления ртути в организм человека из-за метилирования ртути бактериями в морской воде с последующим бионакоплением и биоконцентрацией ртути в водных пищевых цепях.

Исходная гипотеза этого скринингового исследования состояла в том, что у этой когорты участников с островов Тихого океана может наблюдаться более высокое содержание ртути в организме чем в других местах из-за их относительно высокого потребления ими

¹ Bose-O'Reilly, S., et al (2010) Mercury exposure and children's health. [Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care](#), 2010 Sep; 40(8):186-215.

Grandjean, P., et al (2010) Adverse Effects of Methylmercury: Environmental Health Research Implications. [Environmental Health Perspectives](#), Vol 118. No.8. August 2010, 1137-1145

хищных видов рыбы, а для них в предыдущих исследованиях была установлена повышенная концентрация ртути в тканях.

Соответственно, группа проекта IPEN скоординировала действия своих региональных узлов и организациями-участницами IPEN национального уровня, у которых имеются устоявшиеся связи с рядом организаций гражданского общества на местном, и которые приглашали участников исследования для сбора проб волос. Сбор проб проводился в следующих странах:

- Острова Кука (2 точки);
- Тувалу;
- Республика Маршалловы острова;
- Республика Кирибати;
- Таджикистан и
- Непал (2 точки)

Методология

В процессе подготовки к данному исследованию, IPEN и BRI, в процессе консультаций с ЮНЕП, разработали методологию на основе указаний по отбору проб, которые ранее использовались IPEN/BRI в их глобальном исследовании по ртути в рыбе и волосах в 2014 г.².

Эта методология учитывает научно обоснованные и признанные протоколы мониторинга ртути в волосах человека, включая его технические и практические аспекты, а также этический обзор, проведенный комиссией по биомедицинской этике Университета южного Мэйна в Портленде (США). Эта методология охватывает методы отбора проб, сбора данных, определения ртути, а также анализ и оценку результатов.

Критерии отбора для представителей целевой группы женщин-участниц оценивали, исходя из (1) их возраста (18-44 года), (2) готовности принять участие, и (3) наличия достаточного количества волос, чтобы можно было взять образец для анализа.

Организациям-участницам IPEN предоставили детализированный протокол отбора проб. Участницы подписывали форму согласия и заполняли опросный лист. Отбирающие пробы сотрудники использовали одноразовые бутилен-нитрильные перчатки (для работы с каждой пробой) и протирали спиртом режущие кромки ножниц из нержавеющей стали, которыми отрезали волосы.

² Evers, D. et al (2014) Global mercury hotspots: New evidence reveals mercury contamination regularly exceeds health advisory levels in humans and fish worldwide. Biodiversity Research Institute. Portland, Maine. IPEN. Göteborg, Sweden. BRI-IPEN Science Communications Series 2014-34. 20 pages.

Пробы волос отбирали, состригая небольшую прядь волос длиной примерно 8-10 см, толщиной с карандаш (около 30 волос), в затылочной части головы, возможно ближе к корням. Эти пробы затем запаковывали, маркировали и отправляли в BRI в соответствии с представленными инструкциями.

Результаты по странам и оценка

Таблица 1. Результаты анализа проб волос для общего содержания Hg в волосах женщин детородного возраста в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Страна	среднее Hg общ. (мг/кг) в волосах	ст. отклонение	макс. Hg общ. (мг/кг)	мин. Hg общ. (мг/кг)	объем пробы
Острова Кука, точка 1	3.60	1.67	6.96	0.17	30
Острова Кука, точка 2	3.67	2.19	8.51	0.96	30
Кирибати	3.42	1.27	7.51	1.77	30
Непал, точка 1	0.67	0.24	1.18	0.21	33
Непал, точка 2	3.62	6.11	28.46	0.35	20
Респ. Маршалловы острова	3.25	2.2	11.31	0.55	30
Респ. Таджикистан	0.06	0.12	0.70	0.01	31
Тувалу	1.99	0.64	3.40	0.53	30

Представление данных

Полученные для всех стран данные при отборе проб представлены на блочной диаграмме (диаграмме рассеивания) - см. Рис. 2.

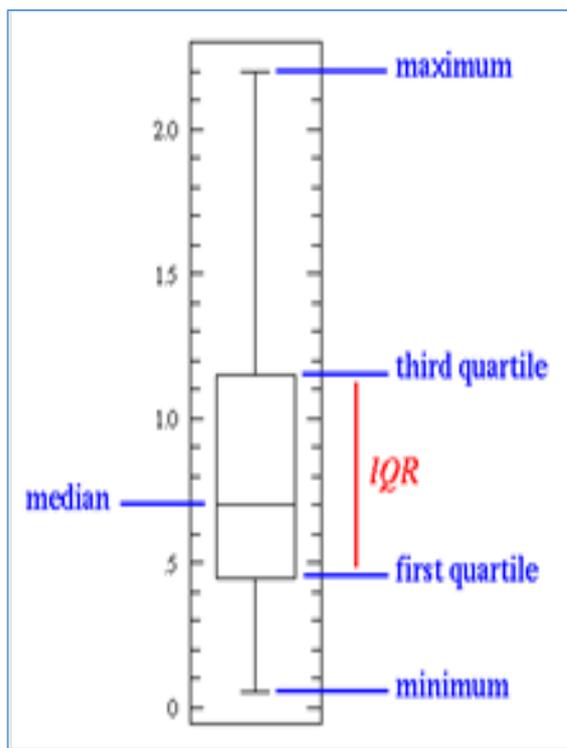
На Рис. 1 показаны пояснения по блочной диаграмме (известной также как "блочная диаграмма с усами"). Блочная диаграмма показывает распределение данных между минимумом, первым квартилем, медианным средним, третьим квартилем и максимумом.

"Блок" показывает *межквартильный диапазон* или МКД. Линия в пределах блока показывает медианное среднее для набора данных, тогда как "усы" над блоком показывают максимальные показатели, а ниже блока - минимальные показатели. На объединенной блоковой диаграмме ниже (Рис. 2), для каждой точки представлен индивидуальный блок данных.

На объединенной диаграмме на Рис. 2 приводится и дополнительная информация. Точки отбора проб расположены слева - направо, синие звездочки соответствуют средним показателям для каждой точки. Красными точками обозначены выпадающие значения³, а пунктирная линия соответствует референсному уровню в 1 мг/кг, который далее рассматривается подробнее.

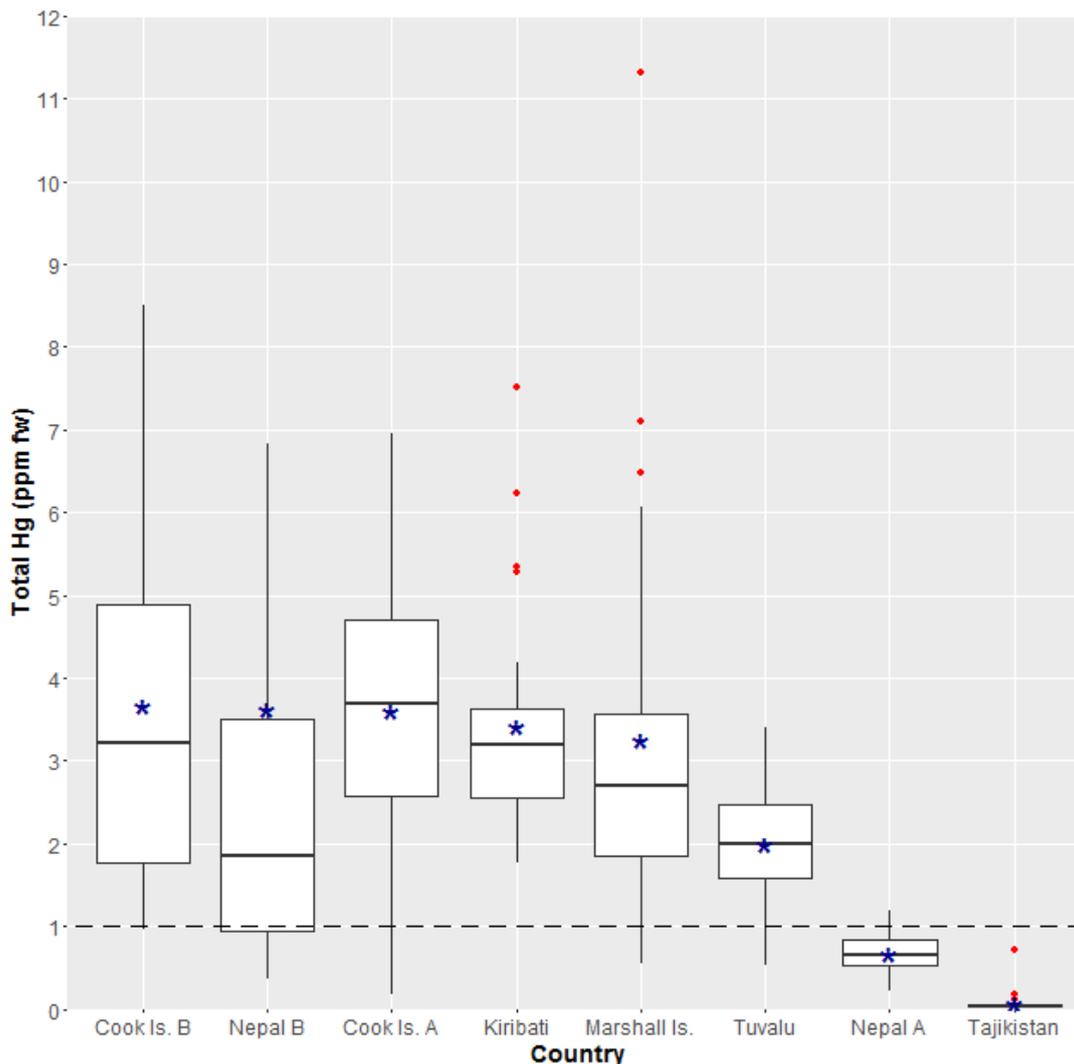
Рис. 1 Пример блоковой диаграммы

Источник: St John's University, Minnesota, U.S.A.



³ Выпадающие значения определяются как показатели, которые в 3 или более раз превышают межквартильный диапазон или же в 3 или более раз ниже первого квартиля.

Рисунок 2 Концентрации ртути в волосах человека (мг/кг с.в.) по точкам отбора проб.



Изучение результатов определения ртути в волосах женщин детородного возраста в отдельных странах Азиатско-Тихоокеанского региона позволяет сделать ряд выводов. Представленные на графике выше данные указывают на явную тенденцию к существенно повышенным уровням ртути для женщин с островов Тихого океана, где отбирали пробы. Используя референсный уровень в 1 мг/кг, согласованный в соответствии с методологией проекта (на Рис. 3 он показан пунктирной горизонтальной линией), в качестве пороговой величины, ниже которой воздействие на здоровье в настоящее время представляется несущественным, становится очевидно, что средние уровни ртути для женщин с островов Тихого океана намного выше этого референсного уровня.

Основанием для применения этого референсного уровня в данном исследовании является то, что он близко соответствует референсной дозе EPA в 0,1 мкг /кг

веса/день и концентрации ртути в крови в 4-5 мкг/л.⁴ В современной научной литературе предполагают, что негативные воздействия на здоровье исследуемого человека начинают проявляться на уровне⁵ или выше референсного уровня в 1 мг/кг⁶. В недавних исследованиях приходят к выводу, что негативные эффекты для развития могут происходить даже и при более низких уровнях⁷.

В Непале (точка 1) средние уровни ртути в волосах женщин составляли $0,67 \pm 0,24$ мг/кг (сырой вес) и только в 9% отобранных проб превышался референсный уровень в 1 мг/кг. В точке 2, средние уровни ртути в волосах женщин составляли $3,62 \pm 6,11$ мг/кг (сырой вес) и в 75% случаев референсный уровень в 1 мг/кг был превышен. Женщины из точки 1 в Непале занимаются рыболовством и доля рыбы в их рационе относительно высока, они употребляют в пищу наименее пригодную для продажи рыбу, но в большинстве случаев у них содержание ртути в волосах ниже 1 мг/кг. Высокое потребление рыбы и низкие уровни ртути в волосах в случае этих женщин указывают, что в тканях обычно используемой ими в пищу тилапии (*Oreochromis niloticus*) могут быть низкие концентрации метилртути. Для проверки этого предположения может потребоваться провести непосредственный мониторинг рыбы из этой местности для определения ртути.

Женщины из точки 2 в Непале, доля рыбы в рационе которых невысока, занимаются в своем поселке изготовлением позолоченных религиозных идиолов. Используемый ими ртутный метод нанесения позолоты включает получение амальгамной пасты из ртути и золотого порошка, которая затем накладывается на идиолов и нагревается, чтобы удалить ртуть в виде паров. Профессиональная экспозиция этих женщин аналогична ситуации с занятыми в АМДЗ, которые применяют метод амальгамирования ртутью для извлечения золота, что приводит к повышенным уровням ртути в организме. Потребуется дополнительное исследование, чтобы понять, почему более высокие уровни ртути наблюдаются для более молодых женщин в точке 2 в Непале, а не у женщин, которые работали на фабрике позолоченных изделий в течение гораздо более длительного времени.

Среди женщин, пробы волос которых отбирали в Таджикистане, потребление рыбы низкое, а уровни ртути в волосах были очень низкими, со средним содержанием в $0,068 \pm 0,12$ мг/кг (сырой вес). Ни у кого из участниц общий уровень ртути в волосах не превышал референсного уровня в 1 мг/кг, а самым высоким установленным уровнем было 0,70 мг/кг.

⁴US EPA (1997) Mercury study report to Congress, Volume IV, An assessment of exposure to mercury in the United States, EPA-452/R-97-006

⁵Trasande L, Landrigan PJ, Schechter C (2005) Public health and economic consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain, *EnvironHealth Perspect* 113:590-596

⁶Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sorensen N, Dahl R, Jorgensen PJ (1997) Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratol* 19:417-428

⁷Murata K, Weihe P, Budtz-Jorgensen E, Jorgensen PJ, Grandjean P. (2004) Delayed brainstem auditory evoked potential latencies in 14-year-old children exposed to methylmercury. *J Pediatr* 144(2):177-183

В случае Островов Кука, у 95% женщин уровни ртути превышали референсный уровень в 1 мг/кг, а средние уровни в этой когорте превышали этот уровень более чем втрое, со средним показателем в $3,63 \pm 1,91$ мг/кг (сырой вес). Для женщин из точки 2 на Островах Кука наблюдался несколько более высокий средний уровень ртути по сравнению с точкой 1. Из числа женщин в группе с превышением референсного уровня, для 20% женщин это превышение было пятикратным (5 мг/кг) или еще более высоким. У четырех человек уровни ртути превышали 7 мг/кг, а это указывает, что повышенные концентрации ртути могут быть распространены среди обитателей островов Кука.

И в случае Кирибати, у 100% женщин, представивших пробы волос, уровни ртути превышали референсный уровень в 1 мг/кг, причем у всех женщин это превышение было как минимум трехкратным. Средний уровень ртути в волосах в Кирибати составлял $3,42 \pm 1,27$ мг/кг (сырой вес). Кроме того, у 13% от всех участниц наблюдались уровни свыше 5 мг/кг.

На Маршалловых островах, у 96% женщин наблюдалось превышение порогового уровня в 1 мг/кг, а средний уровень ртути в волосах для этой группы составлял $3,25 \pm 2,21$ мг/кг (сырой вес). Из этой когорты, для 16% общие концентрации ртути превышали 5 мг/кг, а в одном случае этот уровень превышал 11 мг/кг.

В случае Тувалу, у 93% женщин, представивших пробы волос, общие уровни ртути превышали 1 мг/кг. Средний уровень для этой группы составлял $1,99 \pm 0,64$ мг/кг (сырой вес). Ни у кого из этой когорты не превышался общий уровень ртути в 4 мг/кг.

В целом, у 96% обследованных женщин на островах Тихого океана общие концентрации ртути превышали 1 мг/кг, а в среднем их результаты находились в диапазоне от 2 до 3,7 мг/кг. Очевидно, что у многих людей уровни ртути превышают эти средние показатели.

В силу отсутствия других значимых источников ртутного загрязнения, считается, что повышенные уровни ртути для женщин с островов Тихого океана связаны исключительно с их рационом питания, который, как указывают данные анализа опросных листов, включает много рыбы, особенно хищной рыбы высокого трофического уровня, для которой установлено накопление значительных концентраций ртути в тканях.

Этот маршрут экспозиции для повышенных уровней ртути среди обследованных женщин с островов Тихого океана подтверждается данными опросных листов, которые указывают на высокое потребление рыбы, для которой известно повышенное содержание ртути. Для сравнения - участники из других мест, помимо островов Тихого океана, потребляют относительно немного рыбы, особенно что касается крупной хищной рыбы. Заслуживает внимания группа из Непала (точка 1), для которой, несмотря на высокое потребление рыбы, не наблюдается повышенных уровней ртути, что может объясняться употреблением более мелкой рыбы, которую труднее продать на рынке и которая, из-за меньшего размера и возраста содержит в своих тканях меньше ртути. Для подтверждения этого предположения может потребоваться мониторинг рыбы в этой местности.

Тихоокеанские острова, на которых проводился отбор проб, не имеют развитой промышленной инфраструктуры из числа значительных источников выбросов и сбросов ртути, таких как мусоросжигательные заводы, угольные теплоэлектростанции, металлургические предприятия, хлорно-щелочные заводы или цементные печи. На этих островах не практикуют артельную и малотоннажную добычу золота, которая создает высокие уровни экспозиции для занятых в этом промысле. За исключением местных свалок, сжигания некоторых отходов на открытом воздухе и воздействия некоторых ртутьсодержащих продуктов, имеется ограниченное прямое воздействие ртутного загрязнения, которым можно было бы объяснить широко распространенные повышенные уровни ртути в организме для этих женщин, некоторые из которых проживают на удаленных внешних островах, далеко от городских центров или столичных городов этих островных государств.

Принимая во внимание отсутствие прямой экспозиции по ртути из местных источников загрязнения и исключительно широкое географическое распределение участников, можно сделать вывод, что содержание ртути в организме представителей подгруппы жителей островов Тихого океана вызывается преимущественно диффузным ртутным загрязнением океана. В свою очередь, бионакопление и биоконцентрация метилртути в часто используемых в пищу видах рыбы является наиболее вероятным маршрутом экспозиции для участников исследования, приводя к повышенному содержанию ртути в организме этих женщин.

Хотя, как представляется, существует четкая тенденция в связи с повышенными уровнями ртути для женщин с островов Тихого океана из-за потребления рыбы (что подтверждается данными опросных листов), следует провести дальнейший целевой отбор проб в таких масштабах, которые бы позволили получить статистически релевантные данные на уровне населения. Это должно включать отбор проб рыбы для определения ртути, чтобы получить корреляцию между содержанием ртути в организме человека и данными о рационе питания из опросных листов. Более масштабное исследование с соответствующими контролируруемыми переменными могло бы помочь определить, не отражают ли результаты данного исследования ситуацию для всего населения изученных стран.

Кроме того, можно было бы провести отбор проб для более широкого круга урбанизированных регионов Азии, чтобы усилить сравнительный анализ между малыми островными развивающимися странами Тихого океана и другими странами Азии для оценки влияния прямого городского/промышленного загрязнения на содержание ртути в организме человека по отношению к диффузному ртутному загрязнению, которое, как представляется, оказывает значительное воздействие в Тихом океане.

Заключение

Пока не произойдет значительного сокращения глобальной торговли ртутью, ее применения, выбросов и сбросов, проблема повышенного содержания метилртути в рыбе будет сохраняться. Для тех людей, которые в настоящее время используют рыбу в качестве основного источника белка, а соответственно и подвергаются опасности

повышенного содержания ртути в организме, существуют некоторые защитные меры, которые они могут предпринять. Если у человека нет доступа к альтернативным источникам белка, то для него может быть безопаснее выбирать рыбу, которая не относится к высшим трофическим уровням или к хищным видам. Кроме того, из любых употребляемых в пищу видов рыбы следует выбирать более мелкую, а не более крупную, которая старше и уже успела накопить больше ртути в своих тканях. Если это возможно, то женщинам следует сократить потребление рыбы и заменить ее источниками белка из других видов продуктов.

На национальном уровне правительствам и другим заинтересованным сторонам рекомендуется разрабатывать меры для повышения уровня информированности общественности, чтобы осветить вопросы воздействия повышенных уровней содержания ртути в организме на здоровье женщин детородного возраста. Такие действия могли бы включать рекомендации по безопасным уровням потребления рыбы и по более безопасным видам рыбы (и других морепродуктов).

Участницы данного исследования получили контекстные медицинские рекомендации в связи с их индивидуальными данными о содержании ртути в волосах, а также рекомендации по сокращению ртутной экспозиции из пищевых и других источников.

Литература

Bose-O'Reilly, S., McCarty, K.M., Steckling, N., Lettmeie, B. (2010) Mercury exposure and children's health. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*, 2010 Sep; 40(8):186-215.

Evers, D.C., DiGangi, J., Petrlik, J. Buck, D.G., Samanek, J., Beeler, B., Turnquist, M.A., Hatch, S.K., and Regan, K. (2014) Global mercury hotspots: New evidence reveals mercury contamination regularly exceeds health advisory levels in humans and fish worldwide. Biodiversity Research Institute. Portland, ME. IPEN. Goteborg, Sweden. BRI-IPEN Science Communication Series 2014-34. 20 pages.

Grandjean, P., Satoh, H., Murata, K., and Eto, K. (2010) Adverse Effects of Methylmercury: Environmental Health Research Implications. *Environmental Health Perspectives*, vol 118. No.8. August 2010, 1137-1145

Murata K, Weihe P, Budtz-Jorgensen E, Jorgensen PJ, Grandjean P. (2004) Delayed brainstem auditory evoked potential latencies in 14-year-old children exposed to methylmercury. *J Pediatr* 144(2):177-183

Trasande L, Landrigan PJ, Schecter C (2005) Public health and economic consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain, *EnvironHealth Perspect* 113:590-596

US EPA (1997) Mercury study report to Congress, Volume IV, An assessment of exposure to mercury in the United States, EPA-452/R-97-006

Благодарности

IPEN и ЮНЕП выражают благодарность за участие 234 женщинам из 8 сообществ в шести странах, которые предоставили пробы для данного исследования. Кроме того, мы весьма признательны за вклад следующих организаций-участниц IPEN, которые собирали пробы для анализа на ртуть и представили доклады с характеристикой точек отбора проб.

Конкретно, мы хотим отметить усилия следующих организаций:

- Альянс устойчивости островов, Острова Кука (ISACI),
- Центр здравоохранения и экологического развития (CEPHED), Непал,
- Центр FSCI Dastgri, Таджикистан

IPEN и ЮНЕП выражают признательность за вклад Института исследования биоразнообразия (BRI), за помощь в разработке методологии и протоколов, за последующую организацию международной пересылки проб и материалов, и за проведение анализа проб.

IPEN и ЮНЕП выражают глубокую благодарность за финансовую поддержку, представленную правительствами Франции через ЮНЕП, Швеции и другим донорам, благодаря которым стало возможным подготовить этот документ. Высказываемые в данном документе точки зрения не следует рассматривать как отражение официального мнения какого-либо из институтов, предоставивших финансовую поддержку.