

## Эффекты химических бумерангов на здоровье населения России

© 2009. В.С. Петросян, д.х.н., зав. лабораторией,  
 Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
 e-mail: ecohealth@voxnet.ru

Рассмотрена предложенная автором концепция «химических бумерангов» – токсичных веществ, которые используются для решения различных проблем, но затем попадают в организм человека и оказывают негативные эффекты на его здоровье. Обсуждена также предложенная автором концепция «химических спутников Земли» – токсичных веществ, попадающих в атмосферу Земли и совершающих кругосветные маршруты до выпадения с дождем и снегом в разных регионах нашей планеты. Приведено предложенное автором определение термина «химическая безопасность населения», базирующееся на рассмотрении химических стрессов человека.

The author's conception of 'chemical boomerangs', i.e. toxic substances used for different purposes that get into a human organism and have a negative effect on human health, is considered. The author's conception of «chemical satellites of the Earth», i.e. toxic substances that get into the atmosphere and travel around a circle there before falling down with rain or snow in different parts of our planet is discussed. The author also gives a definition to the term «chemical safety of the population»; the definition is based on considering human chemical stresses.

Ключевые слова: токсическое действие, загрязнители, источники загрязнений, химическая безопасность

Химическая наука за длительный период своего развития способствовала значительному развитию общества благодаря разнообразным применениям большого числа природных и синтетических веществ (топливо, масла, красители, полимеры, удобрения, пестициды, пищевые добавки, косметика, лекарства, растворители и многое другое).

Однако к середине двадцатого века стало очевидно, что использование некоторых токсичных веществ привело к значительной биодеградации водных и террестриальных экосистем и существенному ухудшению здоровья человека. В качестве примеров можно привести углеводородное топливо, дающее при сжигании диоксид углерода, влияющий на глобальное изменение климата, и канцерогенный бенз(а)пирен; термостойкие добавки к маслам – полихлорированные бифенилы (ПХБ), обладающие негативными эффектами воздействия на здоровье человека; канцерогенные красители; высокомолекулярный поливинилхлорид (ПВХ), сжигание остатков которого даёт самые токсичные вещества на планете – диоксины и фураны; азотсодержащие удобрения, приводящие к накоплению в организмах токсичных нитрит-ионов; хлорорганические пестициды, включая ДДТ и продукты диенового синтеза, вызывающие раковые и другие заболевания; используемая в косметике токсичная трихлоруксусная

кислота; фреоны, использовавшиеся долгое время в качестве хладагентов и разрушавшие озоновый слой Земли и внутренние органы людей. Этот список можно было бы продолжить.

Автором предложено такие вещества называть химическими бумерангами. Будучи «запущенными» в повседневную жизнь для решения позитивных задач (например, хлорорганические пестициды, используемые для повышения урожаев сельскохозяйственных культур, или броморганические антивоспламенители, предупреждающие возгорание различных предметов домашнего быта), эти вещества (табл. 1), выполнив на первой половине петли бумеранга поставленную задачу, на её второй половине попадают через трофические (пищевые) цепи в организм человека, накапливаются в нём и вызывают поражение центральной нервной и эндокринной систем, новообразования и другие серьёзные заболевания.

В связи с тем, что токсикологические эффекты многих органических, неорганических и металлоорганических веществ в воздухе, воде, почвах, растениях, животных и людях были однозначно доказаны, в развитых странах уже в начале 1970-х годов были приняты законодательные акты, запрещающие использование некоторых токсичных веществ. Достаточно привести пример с ДДТ, за успеш-

Таблица 1

Основные типы стойких органических загрязнителей, их источники и обусловленные ими стрессы

Стойкие органические загрязнители (СОЗ)	Основные источники	Типы химических стрессов
Альдрин, атразин, гептахлор, ДДТ, дильдрин, линдан, мирекс, токсафен, хлордан, хлордекон, эндосульфат, эндрин	Хлорорганические и другие пестицидные препараты	Биоаккумуляция в жировых тканях организмов и в трофических цепях, поражение центральной нервной и эндокринной систем, канцерогенез
Гексабромбифенил (ГББ)	Антивоспламенитель для термопластиков	Болезни кожи, выпадение волос, канцерогенез, эндокринные разрушения
Гексахлорбензол (ГХБ)	Дымовые завесы, фейерверки	Болезни печени, канцерогенез
Нонил- и октилфенолы	Детергенты, пластификаторы и стабилизаторы резины	Разрушение эндокринной системы
Пентахлорфенолы (ПХФ)	Краски, текстиль, пестициды для защиты древесины	Общая токсичность
Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)	Антивоспламенители для полиуретановых составов в коврах, матрацах и мебели	Канцерогенез, эндокринные разрушения и препятствие развитию мозга
Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	Трансформаторные и смазочные масла, пластификаторы	Поражение эндокринных систем и проявление канцерогенеза
Полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ)	Микропримеси в ПХБ, хлорфенолах, пестицидах, продуктах сгорания ПВХ и отбеленной целлюлозе	Супертоксичность, проявление тератогенеза и канцерогенеза, поражение кожи (хлоракне), эндокринной, иммунной и репродуктивной систем
Полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ)	Образуются при неполном сгорании древесины, угля и нефтепродуктов	Канцерогенез
Фталаты	Пластификаторы, репелленты, растворители	Разрушение эндокринной системы

ное применение которого в борьбе с малярией швейцарскому исследователю Паулю Мюллеру в 1948 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине, а уже в 1972 г. ДДТ в развитых странах был запрещён к использованию в связи с доказательством его биоаккумуляции в живых организмах и токсичного воздействия на них.

Химические стрессы человека стали в этих странах важными факторами в рамках национальных стратегий безопасности. Например, в Японии Министерство окружающей среды начиная с 1974 г. проводит систематический мониторинг уровня загрязнения окружающей среды токсичными веществами. В некоторых европейских странах, а также в Канаде и США, помимо неорганических токсикантов (табл. 2), в последние годы значительные

усилия прикладываются для предотвращения дальнейшего загрязнения окружающей среды стойкими токсичными веществами (СТВ), включая органические (табл. 1), а в самое последнее время и металлоорганические токсиканты (табл. 3).

В США начиная с 1990 г. разрабатывалась концепция болезни как проявления дисбаланса между окружающей средой и человеком. В связи с этим Агентство токсичных веществ и регистрации болезней (ATSDR) Министерства здравоохранения США обратилось к Национальному Научному Совету (NRC) с просьбой обосновать эту концепцию в форме, понятной учёным, законодателям, чиновникам и населению. Была проведена специальная конференция с целью получения ответов на следующие вопросы: «Как люди

**Таблица 2**

Основные типы неорганических загрязнителей, их источники и обусловленные ими стрессы

Неорганические загрязнители	Основные источники	Типы химических стрессов
CO, NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	Выбросы промышленных, энергетических предприятий и автотранспорта	Оксид углерода (II) обуславливает кислородную недостаточность. Оксиды азота и серы вызывают болезни бронхов и лёгких – хронический бронхит, бронхиальную астму и ишемическую болезнь сердца
Нитраты и нитриты	Азотные удобрения	Высокие концентрации в питьевой воде вызывают метгемоглобинемию («синдром голубого ребёнка»)
Алюминий	Сточные воды, посуда и столовые приборы	Негативное воздействие на мозг
Кадмий	Производство цинка и сплавов, гальваника и сигареты	Общая токсичность и канцерогенез
Медь	Кабельное производство, электроника	Общая токсичность
Мышьяк	Пестициды, сплавы, зола	Общая токсичность и канцерогенез
Никель	Сплавы, покрытия, аккумуляторы	Образование раковых опухолей и общая токсичность
Ртуть	Производство щёлочи и хлора, добыча золота, электроника, катализ	Высокотоксична и легко накапливается в организмах, проявляя разрушающее воздействие на внутренние органы (почки, печень) и центральную нервную систему
Свинец	Аккумуляторы, керамика, краски	Токсичен, вызывает анемию и психические расстройства
Селен	Электроника, сплавы, стекло	Весьма токсичен
Хром	Катализаторы, краски, сплавы	Cr (VI) – канцероген и более токсичен, чем Cr (III)
Цинк	Гальваника, сплавы	Токсичен, но меньше, чем выше приведённые металлы

**Таблица 3**

Основные типы металлоорганических токсикантов, их источники и обусловленные ими стрессы

Металлоорганические токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
Метильные производные ртути	Образуются в окружающей среде при метилировании катионов ртути	Разрушение центральной нервной системы, мозга и печени
Оловоорганические соединения	Стабилизаторы ПВХ, катализаторы, краски для судов и подводных конструкций	Негативное воздействие на нервную систему триметильными и триэтильными производными олова
Алкильные производные свинца	Антидетонационные добавки к топливу автомобилей	Раковые заболевания дыхательного и пищеварительного трактов

оказываются подвергнутыми воздействию?», «На основании чего можно утверждать, что люди оказались подвергнутыми воздействию?» и «Что происходит после воздействия?».

В последнее двадцатилетие подписано несколько международных соглашений на уровне ООН, среди которых, безусловно, следует отметить Базельскую конвенцию по токсичным отходам, Парижскую конвенцию по уничтожению химического оружия, Монреальский протокол по защите озонового слоя (в соответствии с которым были запрещены к производству и использованию разрушающие озоновый слой фреоны), Роттердамскую конвенцию по перевозкам токсичных веществ, Киотский протокол по глобальному изменению климата (предусматривающий уменьшение выбросов в окружающую среду «парниковых» газов типа диоксида углерода, метана и других), Стокгольмскую конвенцию по стойким органическим загрязнителям (предполагающую запрещение производства хлорорганических пестицидов, гексахлорбензола и ПХБ, а также технологий, использование которых приводит к выбросам в окружающую среду чрезвычайно токсичных полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов).

В принятой на Межправительственной конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году Повестке дня на XXI-ый век 19 глава целиком посвящена повышению безопасности использования химических веществ. В ней отмечается, что сегодня в мире существует около 100 тысяч коммерческих химикатов, однако 95% мирового химического производства приходится лишь на 1500 веществ. При этом на значительную часть этих веществ отсутствуют токсикологические данные, характеризующие опасность их использования, прежде всего, с точки зрения хронических эффектов.

Созданный в соответствии с решениями Конференции «Рио-92» Межправительственный форум по химической безопасности (МФХБ) на своих 1-м (1994) и 2-м (1997) заседаниях проводил подготовительную работу по выработке Декларации по химической безопасности, которая была принята на 3-м заседании в Байе (Бразилия) в 2000 г. Байская декларация подчеркнула, что знания о последствиях воздействия химических веществ остаются крайне неполными, в связи с чем «необходимо продолжать исследования и проявлять бдительность». Это необходимо делать ещё и потому, что стандарты химиче-

ской безопасности в значительной части мира не отвечают тому, что необходимо для обеспечения адекватной охраны здоровья человека и окружающей среды.

Специально подчеркнуто, что для надлежащего использования и уничтожения во всём мире запасов токсичных веществ (в частности, неиспользованных пестицидов) всё ещё не мобилизованы международные и национальные ресурсы, а международные оценки токсичных веществ не достигли контрольных показателей, установленных в 1994 г.

На прошедшей в 2002 г. в Йоханнесбурге Конференции ООН по устойчивому развитию был сделан не обнадеживающий вывод о том, что проблема негативного воздействия токсичных веществ на здоровье человека и окружающую среду продолжает усугубляться. Принято решение подробно обсудить эту ситуацию на 4-м заседании МФХБ и начать разработку нового стратегического подхода к международному управлению химическими веществами, что и было осуществлено в Бангкоке в ноябре 2003 г. при участии делегаций более чем из 150 стран.

Следуя рекомендациям Межправительственного форума по химической безопасности (IFCS), Программа ООН по окружающей среде (UNEP) вместе с Глобальным Экологическим Фондом (GEF) инициировали специальный проект «Региональная оценка стойких токсичных веществ», нацеленный на охрану окружающей среды и здоровья населения посредством мер, уменьшающих выбросы и сбросы СТВ, начиная с двенадцати СОЗ, включённых в Стокгольмскую конвенцию (2001), подписанную и ратифицированную многими странами мира.

При рассмотрении эффектов воздействия на человека токсикантов из таблиц 1 и 3 становится очевидным, что некоторые из них (пестициды, ГББ, ГХБ, нонил- и октилфенолы, оловоорганические препараты, ПБДЭ, ПХБ, ПХФ, свинецорганические соединения, фталаты) оказывают это воздействие в том виде, в каком они используются человеком (автор предлагает называть их химическими бумерангами 1-го рода). Те токсичные вещества в таблицах 1 и 3, которые не используются человеком непосредственно (ПАУ, «метилртуть», диоксины и фураны), но образуются при использовании других соединений (сжигание топлива, биометилирование в водоёмах неорганических солей ртути, горение ПВХ и других

хлорорганических соединений на свалках и при пожарах, можно называть химическими бумерангами 2-го рода.

Следует понимать, что негативные эффекты химических бумерангов определяются в значительной мере их химической природой (электронным и пространственным строением молекул, наличием в них металлов, связанных с органическими и неорганическими лигандами, количеством атомов хлора и другими свойствами). Основным фактором, однако, обуславливающим химический стресс и проявление токсического воздействия, является концентрация токсиканта, так или иначе попавшего в организм человека.

Чрезвычайно важно учитывать, что из всей последовательности происходящих в организме процессов (поглощение, биотрансформация, детоксикация, выведение и биоаккумуляция) ключевую роль играет последний, определяющий накопление токсиканта в организме. При этом нужно сознавать, что биоаккумуляция представляет собой накопление токсиканта в организме из всех источников (воздух, вода, пища) и отличается от биоконцентрирования, которое представляет собой только накопление токсиканта из воды.

Сегодня не вызывает сомнений, что важнейшими источниками химических стрессов населения являются: продукты питания, в которые попадают различные токсиканты, хлорированная питьевая вода, содержащая широкий спектр токсичных хлорорганических веществ, а также атмосферный воздух, включающий в себя, прежде всего, значительные количества высокотоксичных монооксида углерода, оксидов азота и бенз[а]пирена.

При этом важно учитывать, что токсичные вещества, попадающие в атмосферу из труб промышленных и энергетических предприятий, с выхлопными газами автомобилей, со свалок промышленных и бытовых отходов, с сельскохозяйственных полей и т. д., подхватываются ветром и превращаются в химические спутники Земли.

Вследствие трансграничного атмосферного переноса эти химические спутники Земли осуществляют близкие и дальние (в том числе и кругосветные) маршруты, равно до тех пор, пока не встретятся с дождевым или снежным облаком и вместе с осадками не выпадут на Землю. Следовательно, загрязнение окружающей среды токсичными веществами является глобальной экологической проблемой, т. к. выбросы могут происходить

в Австралии, Азии или Африке, а загрязнение атмосферы, почв и вод будет осуществляться в Европе, Северной или Южной Америке (и, соответственно, наоборот, в зависимости от розы ветров).

Эколого-эпидемиологические исследования показывают, что существуют корреляции между химическим загрязнением и здоровьем населения. Для критической оценки негативных эффектов необходимо проводить сравнение данных, полученных в экспериментах с лабораторными животными, с результатами эколого-эпидемиологических исследований различных воздействий, а также с эффектами, наблюдаемыми для населения.

Большие сложности вызывают попытки выявить причинно-следственные отношения между воздействием на человека малых доз токсикантов и негативными эффектами на здоровье населения, в частности, потому, что в каждый конкретный момент человек оказывается подверженным воздействию широкого круга химических веществ. В человеческих тканях по всему миру обнаруживают заметные количества ПХБ, диоксинов и различных хлорорганических пестицидов, а загрязнение пищевых продуктов, включая грудное молоко, является сегодня также повсеместным явлением.

В последние годы опубликовано большое количество сообщений о загрязнении окружающей среды в Российской Федерации приоритетными токсикантами. Например, указывалось, что самые высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха полиядерными ароматическими углеводородами (5–15 нг/м<sup>3</sup>) наблюдаются в сибирских городах Братск, Красноярск, Магнитогорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Челябинск и Шелехов, где расположены крупнейшие в мире алюминиевые и сталелитейные заводы.

Суммарные выбросы наиболее канцерогенного ПАУ, бенз(а)пирена, ещё 10 лет назад оценивались на уровне 100-200 тонн в год. Что касается ПХБ, то одним из наиболее печальных примеров является г. Серпухов (в 100 км на юг от Москвы), где расположено крупное электротехническое предприятие. В 1988 г. концентрации ПХБ в почвах в 2 км на север от завода составляли 35.7 ppm, а в 0,3 км на юг от завода – до 11000 ppm. В молоке кормящих матерей, живших вблизи от завода, ПХБ содержалось от 1093 до 2392 мкг/л.

В Российской Федерации имелось, по крайней мере, две «горячие точки», Чапаевск

(Самарская область) и Уфа (Республика Башкортостан), в которых большие заводы, выпускавшие хлорорганическую продукцию (преимущественно, ПХБ и пестициды), выбрасывали в окружающую среду большие количества диоксинов. В Чапаевске в 1990 г. на заводе по производству пентахлорфенола почвы содержали 18.7 ppb 2,3,7,8-ТХДД (тетрахлордибензодиоксина). В Уфе в 1987 г. концентрации ТХДД в почвах около завода по производству 2,4,5-трихлорфенола достигали 9.6 ppb. Загрязнение иловых осадков в реке Белой на расстоянии 150 метров от места сброса было на уровне 4 ppb. Измерения диоксинов в главном источнике питьевой воды города, реке Белой, дали следующие концентрации: ТХДД – 80 пг/л, ГкХДД (гексахлордибензодиоксина) – 88 нг/л, ГпХДД (гептахлордибензодиоксина) – 120 нг/л и ОХДД (октахлордибензодиоксина) – 760 нг/л.

Эпидемиологические исследования, проведённые в Чапаевске с 1969-го по 1998 год, показали, что для рабочих завода по производству хлорорганических препаратов типичными заболеваниями были: хлоракне, эндокринные болезни, гепатит, уменьшение количества сперматозоидов, ослабление иммунной системы, уровень смертности в 17,5% от злокачественных новообразований. Наиболее типичными являлись рак лёгкого и гортани для мужчин, и рак груди – для женщин. Для населения города весьма распространёнными явились спонтанные аборт, поздние гистозы, повышенные концентрации диоксинов в грудном молоке, повышенная частота рождения недоношенных детей, задержка в развитии половых органов у мальчиков, нарушение нормального соотношения при рождении девочек и мальчиков, высокое содержание гормонов в крови мальчиков.

Эпидемиологические исследования, проведённые в Уфе, показали, что воздействия на рабочих аналогичных заводов были весьма высокого уровня. В частности, они болели хлоракне и другими болезнями, включая спонтанные аборт и половые диспропорции среди новорождённых (с превышением числа девочек над числом мальчиков).

В последние годы показано, что количество диоксинов в сперме мужчин, живущих в промышленных районах Башкортостана, находится на уровне 42,1 – 182,5 пг/г жира и 67 – 181 пг/г крови. Эти величины значительно превышают соответствующие уровни

для ветеранов американской войны во Вьетнаме и значительно выше уровней содержания диоксинов в грудном молоке кормящих матерей (8 – 74 пг/г).

Исследование динамики латентных патологических эффектов на центральную и периферическую нервную систему, обусловленных малыми дозами ртуторганических соединений (25 человек в течение 2-3 месяцев кормили мясомолочными продуктами, содержащими 1 – 10 нг/г ртути), показало рост жалоб, указывающих на патологию гипоталамических структур мозга, и уменьшение жалоб, связанных с патологией периферической нервной системы.

Особую тревогу вызывают химические стрессы детского населения, приводящие, как теперь стало понятно, к печальной статистике по здоровью детей России. Достаточно привести результаты недавнего исследования, согласно которым загрязнение атмосферного воздуха в Прокопьевске определяет более чем на 60% детскую заболеваемость бронхиальной астмой, пневмонией, болезнями верхних дыхательных путей, анемией и на 50% – сумму экологически значимых заболеваний и врождённой патологии.

Таким образом, уже краткое рассмотрение проблемы химических стрессов человека, обусловленных, в первую очередь, химическими бумерангами, показывает приоритетную важность данной проблемы с точки зрения сохранения здоровья человека.

На проходившей в мае 2005 г. 1-й Межправительственной конференции ООН по стойким органическим загрязнителям (Пунта-дель-Эсте, Уругвай) было ещё раз подчёркнуто, что вопросы химической безопасности человека стали приоритетными в деятельности ООН. Однако большинство важнейших проблем в этой области находится в начальной стадии решения.

В связи с тем, что до сих пор даже на уровне ООН нет общепринятого толкования понятия «химическая безопасность населения», автор предлагает в данной работе своё определение этого понятия.

Итак, по мнению автора, «химическая безопасность населения – это когда человек не испытывает химических стрессов, т. е. воздействия приоритетных органических, неорганических и металлоорганических токсикантов осуществляются на безопасном для физиологического и психического состояния человека уровне, в результате чего удаётся сохранять здоровье населения».

Для России сегодня, помимо вышеуказанных, остаются актуальными, по крайней мере, ещё две проблемы:

1) экологически безопасное уничтожение запасов химического оружия, хранящегося в семи различных регионах страны, для чего необходимо использовать наиболее безопасные технологии, разработанные российскими специалистами;

2) реализация систематического и повсеместного контроля качества пищевых продуктов и питьевой бутилированной воды, поставляемых в магазины и на рынки страны как российскими, так и зарубежными производителями.

Для реализации сформулированных задач необходимо срочно начать подготовку спе-

циалистов по химической безопасности, для чего в ведущих вузах химического профиля нужно создать кафедры по химии и токсикологии окружающей среды.

Населению и руководителям страны необходимо понять, что в современной экологической ситуации химические стрессы населения играют решающую роль в проблеме сохранения здоровья человека. А если к этим химическим стрессам добавить расширяющийся круг физических (радиация, электромагнитные, вибрационные и шумовые воздействия) и биологических (вирусы, бактерии, генетически модифицированные продукты) стрессов, то понятно, что при обсуждении проблемы выживания населения страны в первую очередь необходимо обсуждать именно эти факторы.