

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ
АРМЕНИЯ

Հայաստանի քիմիական հանդես 62, №5, 2009 Химический журнал Армении

ХИМИЯ, ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

В. С. ПЕТРОСЯН

Заслуженный профессор МГУ, президент Центра «Экология и здоровье»,
академик, председатель Секции химии РАЕН,
иностраннный член НАН Республики Армения,
ректор Открытого экологического университета,
эксперт ООН по проблемам химической безопасности

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 биодegradации 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), проявляющие негативные эффекты на здоровье человека; канцерогенные красители; высокомолекулярный поливинилхлорид (ПВХ), сжигание остатков которого дает 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 салонах красоты 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, однако размеры статьи не позволяют этого.

Автором в 2005 году предложено [1] называть такие вещества **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 ее второй половине попадают через трофические (пищевые) цепи в организм человека, накапливаются в нем и вызывают поражение нервной и эндокринной систем, нарушение репродуктивного здоровья, новообразования и другие серьезные 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 70-х годов были приняты законодательные акты, запрещающие использование некоторых токсичных веществ. Достаточно привести пример с ДДТ, за успешное применение которого в борьбе с малярией швейцарскому исследователю Паулю Мюллеру в 1948 году была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине, а уже в 1972 году ДДТ в развитых странах был запрещен к использованию в связи с доказательством его биоаккумуляции в живых организмах и токсичном воздействии на них.

Химические стрессы человека стали во многих странах важными факторами в рамках национальных стратегий безопасности. Например, в Японии Министерство окружающей среды, начиная с 1974 года, 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 года, 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 ученым, законодателям, чиновникам и населению. Была проведена специальная конференция с целью получения ответов на следующие вопросы: «Как люди оказываются подвергнутыми воздействию?», «На основании чего можно утверждать, что люди оказались подвергнутыми воздействию?» и «Что происходит после воздействия?»

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 нервной и эндокринной систем, канцерогенез
Гексабромбифенил (ГББ)	Антивоспламенитель для термопластиков	Болезни кожи, канцерогенез, выпадение волос, эндокринные разрушения
Гексахлорбензол (ГХБ)	Дымовые завесы, фейерверки	Болезни печени, канцерогенез
Короткоцепочечные хлорированные углеводороды (КЦХУ)	Антивоспламенители в текстиле, резине и красках; смазочные жидкости в работах по металлу	Негативные эффекты на печень
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
Перфтороктановая кислота (ПФОК) и перфтороктансульфонат (ПФОС)	Примеси в политетрафторэтилене (ПТФЭ), полученном с применением ПФОК и ПФОС	Канцерогенез мочевого пузыря, желудочно-кишечного тракта и мужской репродуктивной системы
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, хлоракне, поражение эндокринной, иммунной и репродуктивной систем
Полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ)	Продукты неполного сгорания древесины, угля и нефтепродуктов	Канцерогенез
Фталаты	Пластификаторы, репелленты, растворители	Разрушение эндокринной системы

Таблица 2

**Основные типы неорганических загрязнителей,
их источники и обусловленные ими стрессы**

Неорганические загрязнители	Основные источники	Типы химических стрессов
Газы		
CO, NO, NO ₂ , SO ₂ , SO ₃	Выбросы промышленных, энергетических предприятий и автотранспорта	Монооксид углерода обуславливает кислородную недостаточность (гипоксию). Оксиды азота и серы вызывают болезни бронхов и легких – хронический бронхит, бронхиальную астму и ишемическую болезнь сердца
Анионы		
Нитраты и нитриты	Азотные удобрения	Высокие концентрации в питьевой воде вызывают рак и метгемоглобинемию («синдром голубого ребенка»)
Тяжелые металлы		
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 щелочи 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 вышеприведенные металлы

В последнее десятилетие 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).

Таблица 3

**Основные типы металлоорганических токсикантов,
их источники и обусловленные ими стрессы**

Металлоорганические токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
Метилные производные ртути	Образуются в окружающей среде при метилировании катионов ртути	Разрушение центральной нервной системы
Оловоорганические соединения	Стабилизаторы ПВХ, катализаторы, краски для судов и подводных конструкций	Разрушение мозга триметилными и триэтилными производными олова
Алкильные производные свинца	Антидетонационные добавки к топливу автомобилей	Раковые заболевания дыхательного и пищеварительного трактов

В принятой на Межправительственной Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году Повестке дня на 21-ый век 19-ая 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-ом (1994 год) и 2-ом

(1997 год) заседаниях проводил подготовительную работу по выработке Декларации по химической безопасности, которая была принята на 3-ем заседании в Байе (Бразилия) в 2000 году. 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 еще и потому, что стандарты химической 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 всем мире запасов токсичных веществ все еще не мобилизованы необходимые международные и национальные ресурсы, а международные оценки токсичных веществ не достигли контрольных показателей, установленных в 1994 году.

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

Следуя рекомендациям Межправительственного Форума по химической безопасности (IFCS), Программа ООН по окружающей среде (UNEP) и Глобальный экологический фонд (GEF) инициировали 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, включенных в Стокгольмскую конвенцию 2001 года, подписанную и ратифицированную многими странами мира. По итогам проекта в 2003 году опубликован Глобальный отчет [2], в котором еще 16 токсичных веществ позиционируются как приоритетные.

При рассмотрении эффектов воздействия на человека токсикантов из табл. 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 табл. 1 и 3, которые не используются человеком непосредственно (ПАУ, «метилртуть», диоксины и фураны), но образуются при использовании других соединений (сжигание топлива, биометилирование в водоемах 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, биоаккумуляция, биотрансформация, детоксикация и выведение) ключевую роль играет 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; 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** (определение автора [1], предложенное в 2005 году).

Вследствие трансграничного атмосферного переноса эти химические спутники Земли осуществляют близкие и дальние (в том числе и кругосветные) маршруты 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 [1-5], 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 диоксинов, ПХБ и различных хлорорганических пестицидов, а загрязнение пищевых продуктов, включая грудное молоко, является сегодня, к сожалению, также повсеместным явлением.

Опубликованные в последние годы работы [1-5] по связи загрязнения окружающей среды приоритетными токсикантами со здоровьем населения в Российской Федерации

показывают, что самые высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха полиядерными ароматическими углеводородами (5-15 нг/м^3) 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 еще 10 лет назад оценивались на уровне 100-200 т в год. Что касается ПХБ, то одним из наиболее печальных примеров является город Серпухов (в 100 км на юг от Москвы), где расположено крупное электротехническое предприятие. В 1988 году 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 11 000 ppm . В молоке кормящих матерей, живших вблизи от завода, ПХБ содержалось от 1 093 до 2 392 мкг/л .

В Российской Федерации имелись, 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 году на заводе по производству пентахлорфенола почвы содержали 18.7 ppb 2,3,7,8-ТХДД (тетрахлордибензодиоксина). В Уфе в 1987 году 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 м от места сброса было на уровне 4 ppb . Измерения диоксинов в главном источнике питьевой воды города, реке Белой, дали следующие концентрации: ТХДД – 80 нг/л , ГкХДДД (гексахлордибензодиоксина) – 88 нг/л , ГпХДД (гептахлор-дибензодиоксина) – 120 нг/л и ОХДД (октахлордибензодиоксина) – 760 нг/л .

Эпидемиологические исследования, проведенные в Чапаевске с 1969 по 1998 годы 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 легкого и гортани для мужчин, и рак груди – для женщин. Для населения города весьма распространенными 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, проведенные 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 новорожденных (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 ртутьорганических соединений (25 человек в течение 2-3 месяцев кормили мясомолочными продуктами, содержащими 1-10 нг/г EtHgX), 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 врожденной 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 2005 году 1-ой Межправительственной конференции ООН по стойким органическим загрязнителям (Пунта-дель-Эсте, Уругвай) было еще раз подчеркнуто, 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 данной работы предлагает свое определение этого понятия.

Итак, по мнению автора, **«химическая безопасность – это когда человек и биота не испытывают химических стрессов, т.е. воздействия приоритетных органических, неорганических и металлоорганических токсикантов осуществляются на безопасном уровне, в результате чего удается сохранять здоровье населения и биоразнообразие».**

Для России, например, сегодня, кроме вышеуказанных, остаются актуальными, по крайней мере, еще 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 воды, включая поставляемую в магазины и на рынки страны как российскими, так и зарубежными производителями, бутилированную воду.

Для реализации сформулированных задач необходимо срочно начать подготовку специалистов по химической безопасности, для чего, по крайней мере, 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 и биоты играют решающую роль в проблеме сохранения здоровья человека и окружающей среды. А если к этим химическим стрессам добавить расширяющийся круг физических и биологических стрессов, то понятно, что при обсуждении проблемы здоровья и биоразнообразия в первую очередь необходимо обсуждать именно эти факторы.

Политические и общественные лидеры всех стран уже сегодня должны осознать, что важнейшими приоритетами национальной безопасности являются сохранение биоразнообразия и недопустимость рождения и воспитания в нездоровой окружающей среде больных детей, болезни которых в дальнейшем будут только усугубляться [6].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Петросян В.С.* Химические бумеранги и здоровье населения России, Вестн. РАЕН, 2005, т.5, №3, сс. 58-64.
- [2] Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances, UNEP Chemicals, 2003.
- [3] *Ревич Б.А.* Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. М., 2001.
- [4] *Гичев Ю.П.* Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. М., Наука, 2002.
- [5] *Петросян В.С.* Химические стрессы и здоровье молодежи. М., Изд. МГУ, 2003.
- [6] *Petrosyan V.S.* Chemische sicherheitsprobleme als globale innere Probleme, In "Weltinnenpolitik fur das 21. Jahrhundert", Lit Verlag, Hamburg, 2007, ss. 267-280.