

Биогеохимия Вернадского и химические стрессы человека и биоты

**Петросян Валерий
Самсонович** —
председатель Секции
химии РАЕН, эксперт
ООН по проблемам
химической безопасности,
заслуженный профессор
МГУ, академик РАЕН

Человек сделал первые химические открытия много тысяч лет назад, обнаружив, что дерево в результате горения становится кучкой пепла, а голубоватые камни в лесной почве после пожара превращаются в красную медь. В 2000 г. до н.э., нагревая медную руду с оловянной, люди получили бронзу, а еще через 500 лет научились из железной руды получать железо и, сплавляя его с углем, сталь.

Следующим важнейшим этапом в развитии химии стали открытия Средневековья. Лишь в XIV в. было описано получение серной и азотной кислот из минералов. Органические кислоты, такие как уксусная кислота, получали только из природного сырья. В XV–XVI вв. химией интенсивно занимались медики, включая Агриколу и Парацельса, а в XVII в. прославились Глаубер, получивший глауберову соль, и Ван Гельмонт, впервые описавший диоксид углерода.

Однако истинный триумф химии начался в XVIII–XIX вв., когда, соответственно, Кавендиш, Резерфорд и Шееле открыли молекулярные газы водород, азот и кислород. Велер нагреванием цианата аммония получил мочевины, Кольбе осуществил синтез уксусной кислоты, а Бертло синтезировал углеводороды и спирты. Кирхгоф, нагревая крахмал с кисло-

той, превратил его в сахар, а Браконно при нагревании желатина с кислотой впервые получил глицин. Шеврель обработал полученное нагреванием жира со щелочью мыло кислотой и выделил жирные кислоты.

XIX–XX вв. знаменовали собой развитие искусства органического синтеза. Зинин восстановлением нитробензола синтезировал анилин, а Перкин, обработав анилин бихроматом калия, получил «анилиновый пурпур». Байер впервые осуществил синтез индиго, а Гребе — ализарина. Тодд синтезировал ряд нуклеотидов, а Вудворд получил сначала холестерин и кортизон, затем — стрихнин и хинин и, наконец, — резерпин и хлорофилл. Дю-Виньо синтезировал инсулин, а Хайатт — целлюлоид. Карозерс, Циглер, Натта получили такие важные полимеры, как капрон, нейлон, тефлон и полиолефины низкого давления.

Один из наиболее видных естествоиспытателей этого периода, В.И. Вернадский обосновал роль живого вещества в геологических процессах, в том числе планетарного масштаба. В соответствии с учением Вернадского именно фактор жизни обусловил химический состав земной коры, азотно-кислородный состав атмосферы, жизнь через фотосинтез восстановленного углерода, инициирующего окислительно-восстановительный цикл в земной коре, который контролирует глобальные процессы рудообразования.

Согласно Вернадскому, биосфера — не просто геологическая оболочка, являющаясяместилищем жизни. Биосфера преобразует геологическую среду таким образом, что она приобретает свойства, в частности химический со-

став, которых она не имела бы в отсутствие жизни. Живое вещество порождает процессы, которые идут с необычайно высокой скоростью, в необычном направлении. Эти положения легли в основу созданной Вернадским новой науки — биогеохимии.

Развивая представления об эволюции биосферы, Вернадский уже 100 лет назад считал, что до появления человека эволюция была сугубо стихийным процессом и что только появление разума привело к возникновению нового организующего фактора в биосфере. Он был убежден, что деятельность человека приобрела геологические масштабы и человек в состоянии отныне направлять химическую эволюцию биосферы, а, следовательно, и геологическую эволюцию.

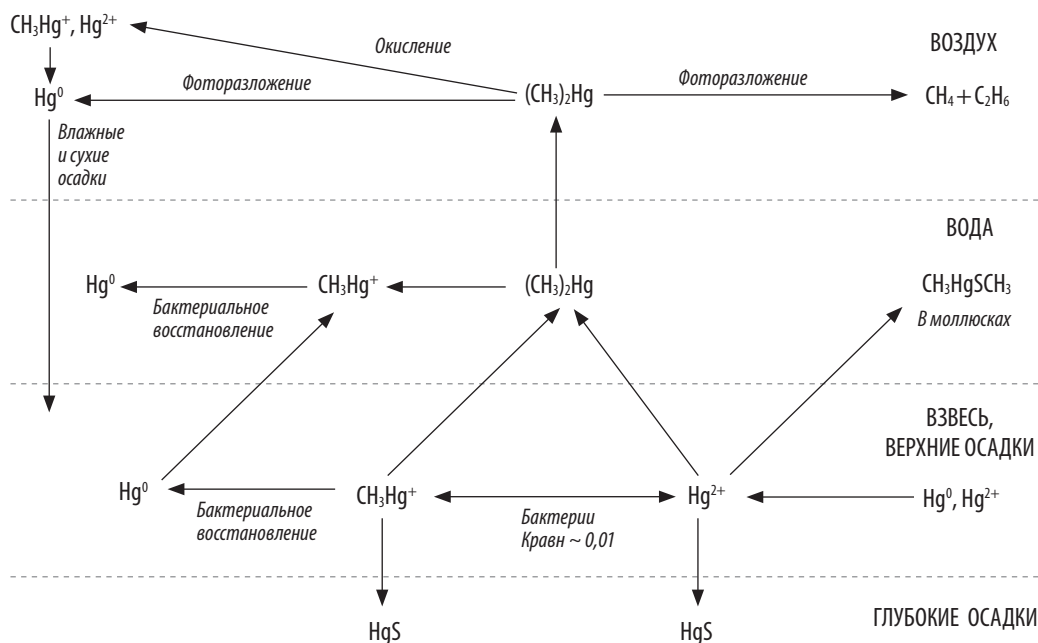
К сожалению, Вернадский переоценил интеллект обитателей планеты Земля XX столетия. Человек действительно стал важнейшим фактором, определяющим изменения химического состава биосферы, однако эти изменения пошли биосфере в целом и человеку в частности не на пользу, а во вред. И речь уже пошла о возникновении значительных экологических, в первую очередь химических, стрессов как человека, так и биоты (растений и животных). Отметим сразу, что *химическими стрессами* мы называем те негативные последствия (заболевания), которые вызывают при попадании в человека, животных и растения органические, неорганические и металлоорганические вещества, называемые *химическими стрессорами*. Радиоактивные вещества мы считаем физическими стрессорами, так как вызываемые этими веществами стрессы обусловлены радиоактивным излучением.

Из первых экологических катастроф, вызвавших крайне серьезные химические стрессы человека и биоты, отметим прежде всего произошедшее в 1954 г. сильное отравление около 3000 людей, живших по берегам залива Минамата (Япония) солями метилртути из морепродуктов, которые традиционно потребляли эти люди (1-3). Специальная комиссия правительства Японии с участием международных экспертов занималась выяснением причин этой трагедии в течение нескольких лет и пришла к следующим выводам. Биогеохимический цикл ртути в окружающей среде (рис. 1) представляет собой сложную взаимосвязь между четырьмя химическими формами ртути (элементарной нульвалентной ртути, неорганических солей ртути, металлоорганических

солей метилртути и полного металлоорганического соединения, диметилртути) в трех элементах окружающей среды — атмосфере, водных экосистемах и почве.

Судебное разбирательство этого наиболее трагичного в истории Японии массового химического отравления людей продолжалось более 50 (!) лет и только в 2005 г. Верховный суд Японии принял решение, сделав вывод, что отравившиеся люди пострадали вследствие потребления ими морепродуктов, отравленных метилртутными соединениями. Эти токсиканты образовывались в водах залива в результате сбрасывания в него компанией «Чиссо», производившей уксусную кислоту пропусканьем ацетилена в воду, в которой в качестве катализатора находился сульфат

Рисунок 1. Биогеохимический цикл ртути



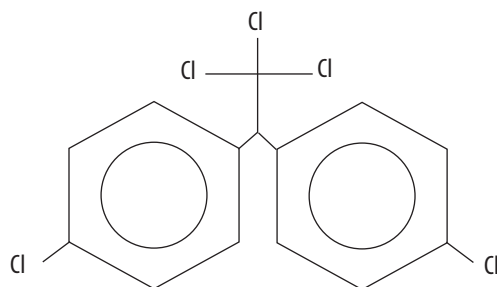
ртути, сточных вод с неорганической двухвалентной ртутью, которая путем взаимодействия с присутствующими в природных водах метилиодидом или метилкобаламином превращалась в метилртутные соединения (4).

Из производных ртути максимальной токсичностью (в миллион раз (!) большей, чем метилртутные соли) обладает трудно обнаруживаемая в окружающей среде диметилртуть CH_3HgCH_3 , от отравления которой погибли не только химики, впервые синтезировавшие ее в 1865 г. [5], но и некоторые из тех, кто контактировал с ней в наши дни [6, 7]. Всемирная организация здравоохранения в своих документах предупредила мировую общественность о токсичности для окружающей среды и живых организмов элементной ртути в 1989 г. [8] и метилртути — в 1990 г. [9].

Вторым исторически важным, с нашей точки зрения, событием, касающимся проблем химической безопасности, является выход в свет в 1962 г. книги молодой американской журналистки Рэчел Карсон «Безмолвная весна», в которой были проанализированы причины катастрофического уменьшения в США числа птиц, вылупливающих весной из отложенных самками яиц. Ответ на поставленный в книге вопрос был однозначным — причина заключается в знаменитом инсектициде ДДТ (рис. 2), который в предыдущие годы спас миллионы людей в мире от малярии и тифа (прежде всего, в странах Азии, Африки и Латинской Америки), за что швейцарскому химику Паулю Мюллеру в 1948 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине.

В книге Карсон, однако, приведены свидетельства экспертов из различных

Рисунок 2. Структура ДДТ

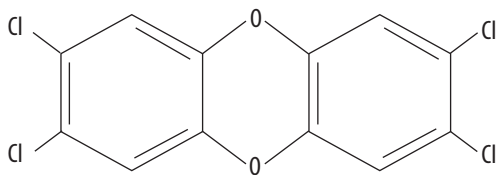


областей науки, наглядно продемонстрировавшие, что ДДТ, который начиная с 1942 г. получил широчайшее распространение в различных странах, попадая в организмы самок птиц, способствовал тому, что в стенках яиц птиц откладывалось кальция меньше, чем это было предусмотрено природой для созревания птенцов перед их вылупливанием. В результате этого птенцы вылупливались раньше срока и погибали.

В связи с этим разразился громкий скандал, и применение ДДТ в США и многих других странах было запрещено. Однако американские и другие концерны продолжали производство и продажу ДДТ. И даже после принятия в 2001 г. Стокгольмской конвенции по приоритетным стойким органическим загрязнителям (СОЗ), которая наложила серьезные ограничения на производство и использование ДДТ и других хлорорганических пестицидов, все еще остается лазейка для продолжения использования ДДТ «в регионах, потенциально опасных с точки зрения возможности распространения малярии» (11).

Третья по значимости химико-экологическая катастрофа случилась в 1976 г. в итальянском городе Севесо в результате сбоя в процессе производства трихлорфенола на химическом

Рисунок 3. Строение 2,3,7,8-тетрахлордibenзодиокси́на



предприятию фармацевтической компании «Хоффман-ЛяРош» и выброса в атмосферу диоксинов, являющихся одними из самых токсичных из всех известных веществ (12-14). Строение самого токсичного из них приведено на рис. 3.

Катастрофа в Севесо привела к трагическим последствиям для здоровья людей и животных, которые начали проявляться уже через три-четыре дня после выброса. Заболевшие люди страдали от сыпи и гноящихся нарывов. Они жаловались на боли в спине, слабость и тупые головные боли. Пациенты рассказывали докторам, что животные и птицы в их дворах и садах начали внезапно умирать. Плантации сельскохозяйственных культур как будто выгорели, растения высыхали и скручивались.

В целом диоксины вызывают снижение иммунитета, нарушение обмена веществ, поражение почек и печени, замедление развития детей. Они являются мутагенными веществами, то есть способными менять химический состав хромосомы, что ведет к заболеванию раком и вызывает дефекты у детей уже в утробе матери. По данным специалистов, период полураспада диоксинов в организме — около 30 лет.

Крупные экологические катастрофы, связанные с выбросом в атмосферу смертельно опасных веществ, произошли в апреле 1986 г. в Чернобыле (Украина)

в результате взрыва ядерного реактора на одном из энергоблоков (рис. 4), а также в марте 2011 г. в Фукусиме (Япония), когда в результате сильнейшего цунами, разрушившего систему охлаждения на атомной электростанции, произошел взрыв ядерного реактора (рис. 5), в результате чего в атмосферу стали поступать радиоактивные элементы (йод, цезий, плутоний), а с водами, использованными для охлаждения реактора, эти же элементы попали в водные экосистемы.

В Чернобыле рассеивание радиоактивных веществ из взорвавшегося ре-

Рисунок 4. Взрыв на АЭС в Чернобыле



Рисунок 5. Взрыв на АЭС в Фукусиме



актора продолжалось около полугода, пока над реактором не был сооружен защитный купол, а в Фукусиме это рассеивание продолжается, так как защитный купол на конец июля еще не сооружен. В результате этих взрывов радиоактивные вещества были рассеяны по всему миру, на разные континенты и в разные страны. Число жертв катастроф в Чернобыле и Фукусиме исчисляется многими тысячами (более точные цифры станут ясны позднее) как оставшихся инвалидами (раковые заболевания, в том числе щитовидной железы), так и погибших.

Конец XX — начало XXI в. характеризуется также таким серьезным химическим стрессом, как биоаккумуляция в организмах людей стойких токсичных веществ, поступающих в окружающую среду из различных источников: предприятий промышленности и сельского хозяйства, энергетики и коммунального хозяйства, транспорта и т.п. (15).

Особую тревогу с этой точки зрения вызывают включенные в список Стокгольмской конвенции (11) токсичные хлорорганические соединения (диоксины — полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны, ПХБ-полихлорированные бифенилы и ГХБ — гексахлорбензол, а также хлорорганические пестициды, включая альдрин, гептахлор, ДДТ, дильдрин, мирекс, токсафен, хлордан и эндрин). Дело дошло до того, что многие специалисты, учитывая полученные в разных странах данные, свидетельствовавшие о биоаккумуляции вышеназванных токсикантов в грудном молоке кормящих матерей, стали выступать с инициативой не рекомендовать более кормить новорожденных грудным молоком. Эта

точка зрения, однако, была подвергнута жесткой критике, в частности со стороны церкви, и официальные рекомендации на этот счет не были приняты.

Следует отметить, что уже через два года после подписания Стокгольмской конвенции в глобальном проекте ЮНЭП (Программа ООН по окружающей среде) и ГЭФ (Глобального экологического фонда) по выявлению приоритетных стойких токсичных веществ (СТВ) были определены еще 16 СТВ: 5 пестицидов (атразин, линдан, полихлорфенолы, хлордекон, эндосульфат); 9 промышленных продуктов: гексабромбифенил, КЦХУ (короткоцепочечные хлорированные углеводороды, нонил- и октилфенолы, оловоорганические соединения, ПБДЭ (полибромированные дифениловые эфиры), перфтороктановая кислота и ее сульфонат, свинецорганические соединения, фталаты и так же, как в Стокгольмской конвенции, 2 группы непреднамеренно загрязняющих веществ: ПАУ — полиядерные ароматические углеводороды и метилртутные соединения.

В самое последнее время появилась информация о новых приоритетных токсикантах, вызывающих серьезные химические стрессы человека и биоты. К ним относятся, например, бис-фенол А и диацетил.

Бис-фенол А используется в качестве мономера при производстве поликарбонатов и эпоксидных смол, применяющихся при изготовлении упаковок для пищевых продуктов. Он, к сожалению, найден во многих продаваемых в России продуктах и напитках (в том числе детских), в количествах, в 2,5–4 раза превышающих установленные в Европе нормы. Примеры продуктов

питания: мясное пюре «Агуша», овощные и фруктовые пюре «Бабушкино лукошко», пюре из мяса птицы «Тема» и др. Примеры напитков: «Пепси-кола», «Рэд булл» и др.

Диацетил представляет собой синтетический ароматизатор сливочного масла, широко используемый, в частности, при поджаривании попкорна. Служащим нескольких заводов, производящих диацетил, поставлен диагноз — облитерирующий бронхолит — серьезное заболевание легких. Среди пострадавших в основном были молодые, здоровые, некурящие мужчины, в том числе и частые потребители попкорна. Против облитерирующего бронхолита нет лечения, необходима трансплантация легких.

Попкорн широко потребляется, в том числе в местах, где много молодежи (кинотеатры, концертные залы и т.д.), вместе с такими напитками, как Кока-Кола, Пепси-Кола и Д-р Пеппер. Следует отметить, что в 2012 г. были опубликованы данные относительно того, что красители, используемые при приготовлении этих напитков, содержат канцерогенный 4-метилимидазол, который в ходе исследований вызвал онкологические заболевания у подопытных крыс. В связи с этим парламент Калифорнии запретил продажу данных напитков в этом самом большом по населению штате в США, и фирмы-производители вынуждены были поставить вопрос об изменении их рецептуры.

Детальный анализ поведения выше-названных СОЗ и СТВ в окружающей среде, включая организм человека, животных и растения, позволил автору этой статьи предложить называть такие вещества *химическими бумерангами* (впер-

вые — 9 марта 2005 г. в публичной лекции на химическом факультете Санкт-Петербургского университета, а затем в различных публикациях (16-20).

Будучи «запущенными» в повседневную жизнь для решения позитивных задач (например, хлорорганические пестициды, используемые для повышения урожаев сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства, или броморганические антипирены, предупреждающие возгорание различных предметов домашнего быта — телевизоры, компьютеры, мебель), эти вещества (*табл. 1*), выполнив на первой половине петли бумеранга поставленную задачу, на ее второй половине попадают через трофические (пищевые) цепи в живые организмы, накапливаются в них и вызывают поражение нервной и эндокринной систем, нарушение репродуктивного здоровья, новообразования и другие серьезные заболевания.

При рассмотрении эффекта 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 первого 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 второго рода*. Во многих странах, помимо СОЗ и СТВ (табл. 1), большое внимание уделяется как неорганическим (табл. 2), так и металлоорганическим (табл. 3) токсикантам.

Завершая краткий перечень химических стрессов человека и окружающей среды, нельзя не вспомнить крупнейшую в истории аварию на нефтяном

промысле компании «Бритиш петролеум» в Мексиканском заливе у побережья США в 2010 г. (рис. 6).

В результате взрыва на этой скважине в воды Мексиканского залива со скоростью 700 т в сутки в течение шести месяцев (пока не заделали пробойну) поступило примерно 780 млн л нефти. Образовавшееся нефтяное пятно пытались ликвидировать разными способами, прежде всего с помощью химиче-

Таблица 1. Основные типы стойких органических загрязнителей и токсичных веществ, их источники и обусловленные ими стрессы

СОЗ и СТВ	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

Таблица 2. Основные типы неорганических токсикантов, их источники и обусловленные ими стрессы

Неорганические токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
CO, NO, NO ₂ , SO ₂ , SO ₃	Выбросы промышленных, энергетических предприятий и автотранспорта	Кислородная недостаточность, болезни бронхов и легких — хронический бронхит, бронхиальная астма и ишемическая болезнь сердца
Нитраты и нитриты	Азотные удобрения	Метгемоглобинемия («синдром голубого ребенка»)
Алюминий	Сточные воды, посуда и столовые приборы	Негативное воздействие на мозг
Кадмий	Производство цинка, 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	Высокая токсичность и быстрое накопление в организмах, разрушающее воздействие на внутренние органы (почки, печень) и центральную нервную систему
Свинец	Аккумуляторы, керамика, краски	Токсичность, анемия и психические расстройства
Селен	Электроника, сплавы, стекло	Весьма токсичен
Хром	Катализаторы, краски, сплавы	Cr (VI) — канцерогенез, более высокая токсичность, чем у Cr (III)
Цинк	Гальваника, сплавы	Токсичен меньше, чем названные 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	Разрушение мозга триметильными и триэтильными производными олова
Алкильные производные свинца	Антидетонационные добавки к топливу автомобилей	Раковые заболевания дыхательного и пищеварительного трактов

Рисунок 6. Взрыв на платформе «Бритиш петролеум» в Мексиканском заливе в апреле 2010 г.



ских диспергентов. Но все это привело лишь к образованию на глубине 1100 м огромного (более 35 км длиной, 200 м глубиной и 2 км шириной) «нефтяного пирога». Далее выяснилось, что собрать нефть с поверхности этого пирога — задача хоть и сложная, но теоретически осуществимая. А вот достать ее из глубин оказалось совершенно невозможно; поэтому и говорили, что эта нефть может остаться в воде надолго. Однако уже очень скоро пробы воды в районе «пирога» показали пониженное содержание кислорода и был сделан вывод, что это — свидетельство дыхания и активной работы бактерий, эффективно перерабатывающих нефть. Благодаря этому появилась надежда, что Гольфстрим не остановится (как говорили многие

специалисты), однако последствия этой аварии все равно могут быть очень серьезными, начиная от глобального изменения климата и кончая сильным загрязнением окружающей среды.

Проведенный автором данной работы анализ ситуаций с загрязнением окружающей среды показал, что при выбросах токсичных веществ в атмосферу (независимо от источника этих выбросов) их подхватывает ветер и они, подобно спутникам, совершают близкие или далекие (в том числе, и кругосветные) путешествия, перемещаясь по миру до тех пор, пока не повстречаются с дождевым или снежным облаком и не выпадут в каком-то конкретном районе Земли. Именно поэтому такие токсичные вещества автор предложил называть

химическими спутниками Земли (впервые — 9 марта 2005 г. в публичной лекции на химическом факультете Санкт-Петербургского университета, а затем в различных публикациях (16-20).

В глобальном масштабе температурные градиенты в космосе в комбинации с процессом перемешивания атмосферных слоев способствуют переносу веществ из теплых регионов нашей планеты в холодные (Ивата и сотр., 1993). В результате такой комбинации и наблюдаются высокие концентрации токсичных веществ в полярных и высокогорных регионах, включая горные реки и альпийские озера. Поэтому мы предложили (16) называть этот эффект «полярной дистилляцией». Интенсификация осадков при движении с Юга на Север и в 160 раз более высокая (по сравнению с каплями дождя) адсорбционная активность снежинок (Франц и Айзенрайх, 1998) приводят к интенсивному загрязнению арктических регионов России, Канады и Антарктики, что выражается, например, в высоком содержании хлорорганических токсикантов в женском грудном молоке кормящих матерей и жировых тканях белых медведей в указанных регионах.

Основными источниками СОЗ и других СТВ являются несколько областей хозяйствования человека: 1) производство текстиля, бумаги и картона, нефтепродуктов и катализаторов, а также хлорированных химикатов; 2) термопроизводство, включающее металлургию, а также получение кокса, извести, керамики, стекла и кирпича; 3) процессы сжигания угля, нефти, древесины, промышленных и коммунальных отходов, биомассы, ила и пластика; 3) ис-

пользование пестицидов, ПХБ, красителей и отбеливателей; 4) переработка металлов, бумаги, нефти и растворителей; 5) размещение отходов, включая устаревшие пестициды и золу.

В результате роста населения, интенсификации всех направлений хозяйствования и неадекватного отношения к проблемам химической безопасности населения и окружающей среды, серьезнейшим образом обозначились такие ключевые проблемы, как: 1) загрязнение воздуха в больших городах; 2) ухудшение качества питьевой воды; 3) загрязнение продуктов питания и, как обобщающее следствие этих ключевых проблем, биоаккумуляция СОЗ и СТВ в пищевых (трофических) цепях и негативное влияние на здоровье населения.

Подробный анализ этих ситуаций в свете рекомендаций Межправительственной конференции ООН по экологической безопасности и развитию 1992 г. в Рио-де-Жанейро (21) позволил автору этой статьи сформулировать определение химической безопасности (впервые — 9 марта 2005 г. в публичной лекции на химическом факультете Санкт-Петербургского университета, а затем в различных публикациях (16-20). Итак, *химическая безопасность* — это ситуация, когда человек и биота не испытывают *химических стрессов*, то есть когда воздействие токсичных органических, неорганических и металлоорганических соединений находится на экологически безопасном уровне, что позволяет сохранять здоровье населения и биоразнообразие.

Одним из эффективных шагов на пути обеспечения химической безопас-

ности явилось образование по инициативе ООН около 20 лет назад Международного регистра токсичных веществ. Создан такой регистр и в Российской Федерации. Он занимается регистрацией всех химических веществ. В 2005 г. Парламент Европы утвердил Программу регистрации и оценки токсичных веществ (REACH), в рамках которой по 2011 г. на эти цели потрачено 2,3 млрд евро, что позволило выиграть в результате улучшения здоровья людей около 30 млрд евро.

Населению и руководителям России необходимо понять, что в современной экологической ситуации химические стрессы населения играют решающую роль в деле сохранения здоровья человека и что для обеспечения химической безопасности населения и окружающей среды необходимо срочно реализовать следующие шаги:

1) принять Государственную программу, аналогичную REACH, с тем чтобы до конца 2015 г. провести перерегистрацию всех химических веществ, препаратов и материалов, продающихся на российском рынке;

2) обеспечить новое существенное ужесточение законов о запрете токсичных выбросов в атмосферу и сбросов токсичных сточных вод в водоемы и на почвы;

3) принять меры для ужесточения контроля качества пищевых продуктов, продаваемых в продуктовых магазинах и на рынках;

4) обеспечить эффективный контроль качества питьевой воды, как водопроводной, так и бутилированной, а также фильтров дополнительной очистки, продаваемых в России.

Литература

1. Петросян В.С. Загрязнение ртутью: причины и последствия. Экология и промышленность, 1999. 12. С. 34–38.
2. Петросян В.С. Ртуть и ее соединения в окружающей среде // Человек и среда его обитания. М.: МИР, 2003. С. 282–290.
3. Петросян В.С. Глобальное загрязнение окружающей среды ртутью и ее соединениями // Россия в окружающем мире: 2006. Под ред. Н.Н. Марфенина и С.А. Степанова. М.: МНЭПУ, 2007. С. 149–163.
4. <http://www.asahi.com/english/nation>
5. F. Dewhurst. Edward Franklin and COSHH, Chem. Britain, 25 (1989) 72–75.
6. J. Pazderova, A. Jirasek, M. Mraz, J. Pechan. Post-mortem findings and clinical signs of dimethylmercury poisoning in man, Int. Arch. Arbeitsmed., 33 (1974) 323–328.
7. D.W. Nierenberg, R.E. Nordgren, M.B. Chang, et al. Delayed cerebellar disease and death after accidental exposure to dimethylmercury, New Engl.J. Medic., 338 (1998) 1672–1676.
8. Mercury-environmental aspects, N86 of environmental health criteria, WHO, Geneva, 1989.
9. Methylmercury, N° 101 of environmental health criteria, WHO, Geneva, 1990.
10. R. Carson. Silent Spring, Houghton Mifflin, 1962.
11. Стокгольмская конвенция. ООН, Женева, 2001.
12. Петросян В.С. Диоксины в окружающей среде // Экология и промышленность, 1999. 11. С. 2–6.
13. Клюев Н.А., Курляндский Б.А., Ревич Б.А., Филатов Б.Н. Диоксины в России. М., 2001.

14. Петросян В.С. Диоксины: пугало или реальная угроза? // Теоретическая и прикладная экология. 2009, № 1. С. 41–47.
15. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология. М.: Озон, 2004.
16. Петросян В.С. Химические бумеранги и здоровье населения России // Вестник РАЕН. 2005, Т. 5. № 3. С. 58–64.
17. V.S. Petrosyan. Uber Grenzen hinweg: Chemische sicherheitsprobleme als globale innere Probleme, In «Weltinnenpolitik fur das 21. Jahrhundert», U. Bartosch und K. Gansczyk (hg.), Lit Verlag, Hamburg, 2007. S. 267–280.
18. Петросян В.С. Проблемы химической безопасности населения России // Глобальные экологические проблемы России. Под ред. Ф.Т. Яншина. М.: Наука, 2008. С. 89–99.
19. Петросян В.С. Химические спутники Земли и глобальное загрязнение биосферы // Социально-экономические и научно-технические проблемы развития современной России. Иваново, 2010. С. 60–63.
20. Петросян В.С. Химические спутники Земли и химические бумеранги: проблемы химической безопасности // Химия в интересах устойчивого развития. 2011, №9. С. 345–358.
21. Повестка дня на XXI век. ООН, Нью-Йорк, 1992.