**Министерство сельского хозяйства РФ**

**Департамент научно-технологической политики и образования**

**ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»**

**ИНСТИТУТ ЛИНГВИСТИКИ И МЕЖКУЛЬТУРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

**Кафедра европейских языков**

**Тема:«** **Biogeochemistry of Trace Elements in Arid Environments»**

*By*

Fengxiang X. Han

*Mississippi State University Starkville, MS, USA*

*With a Review Chapter on Arid Zone Soil*

*by*

Arieh Singer

*Hebrew University of Jerusalem Rehovot, Israel*

Cover Image © 2007 JupiterImages Corporation

Выполнила: Алескерова Е.Н.

Проверила: к.п.н., доцент

Гармаева С.И.

Улан-Удэ, 2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

ГЛАВА 1. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ АНТРОПОГЕННЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ В ЕСТЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ. ВХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭПОХИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЕДОСФЕРУ………………………………………...3

* 1. Промышленная эпоха ежегодное мировое производство микроэлементов…………………………………………………………………...3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ………………………………………………………………….18

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…………………………………………..20

**ГЛАВА 1. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ АНТРОПОГЕННЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ В ЕСТЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ. ВХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭПОХИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЕДОСФЕРУ**

* 1. **Промышленная эпоха ежегодное мировое производство микроэлементов**

Выбраны восемь микроэлементов, представляющих наибольший экологический интерес: мышьяк (As), ртуть (Hg), свинец (Pb), кадмий (Cd), хром (Cr), никель (Ni), медь (Cu) и цинк (Zn ). Эти восемь микроэлементов будут обсуждаться в этой главе в порядке их производства и степени экологической озабоченности, как указано выше. Из них известно, что медь и свинец являются самыми ранними металлами, используемыми людьми. Свинец использовался человечеством, по крайней мере, 5000 лет назад (Settle and Patterson, 1980; Adriano, 1986). Производство этих восьми элементов значительно возросло с начала индустриальной эпохи в 1850-х годах (табл. 1.1.).

Таблица 1.1. - Годовой объем промышленного производства отдельных микроэлементов и тяжелых металлов в глобальном промышленном веке в 1880, 1900, 1950, 1990 и 2000 гг. (Млн. Тонн) (Данные, извлеченные из Han et al., 2002a, 2003b)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zn | As |
| 1880 | 0.001 | 0.003 | 0.41 | 0.002 | 0.007 | 0.60 | 0.37 | 0.002 |
| 1900 | 0.002 | 0.01 | 0.73 | 0.003 | 0.02 | 0.86 | 0.64 | 0.010 |
| 1950 | 0.009 | 0.22 | 2.25 | 0.007 | 0.14 | 1.50 | 2.30 | 0.044 |
| 1990 | 0.017 | 3.51 | 9.04 | 0.004 | 0.94 | 3.33 | 7.20 | 0.066 |
| 2000 | 0.020 | 4.32 | 13.2 | 0.002 | 1.25 | 3.10 | 8.73 | 0.052 |
| 1900/1880 | 2.0 | 3.3 | 1.8 | 1.5 | 2.9 | 1.4 | 1.7 | 5.0 |
| 1950/1900 | 4.5 | 22 | 3.1 | 2.3 | 7.0 | 1.7 | 3.6 | 4.4 |
| 2000/1900 | 10 | 432 | 18 | 0.7 | 63 | 3.6 | 14 | 5.2 |
| 2000/1950 | 2.2 | 20 | 5.9 | 0.3 | 8.9 | 2.1 | 3.8 | 1.2 |

Сначала мы реконструируем годовые темпы производства и со временем меняем функции производства, начиная с индустриальной эпохи и до настоящего времени (1850-2000). Записи мирового годового объема добычи рудника и ртути датируются 1900 годом для цинка, меди и свинца с 1915 по 1920 год, а для хрома и никеля - с 1930 года. В следующем разделе будет представлена ​​и обсуждена совокупная добыча за весь период. Реконструкция расчетного совокупного производства металлов в промышленном веке проводилась на основе производственных функций, соответствующих годовым данным о производстве. Данные о производстве глобальных микроэлементов были собраны у Адриано (1986), Келли и др. (2002), Войтинским и Войтинским (1953), американским министерством внутренних дел (1978-1980 годы), министерством внутренних дел США и геологической службой США (1994-2000 годы). Производство хрома рассчитывали исходя из производства хромита с учетом средней концентрации 27,03% Cr. Данные по кадмию до 1963 г. были получены из мирового годового производства цинка (кадмий главным образом в качестве побочного продукта цинковой руды и принимал 0,37% цинка (Adriano 1986)). Поскольку выбросы от угольных электростанций представляют собой один из крупнейших источников выбросов ртути в атмосферу (Lindqvist et al., 1991; Nriagu and Pacyna, 1988), также рассчитывается выброс ртути из глобального потребления угля. Среднюю концентрацию 0,17 мг ртути кг-1 в угле использовали для расчета вклада ртути в мировой рекорд по добыче угля (Bragg et al., 1998, Department of Interior и US Geol. Survey, 2002).

**Мышьяк (As):** Мышьяк становится все более важной экологической проблемой из-за его потенциальных канцерогенных свойств (Goyer et al., 1995). Как природные, так и антропогенные источники As представляют угрозу для здоровья человека и глобальной сельскохозяйственной и социальной устойчивости (Adriano, 1986). Многие развивающиеся страны в Южной и Юго-Восточной Азии, а также в Центральной и Южной Америке (Бангладеш, Индия, Камбоджа, Таиланд, Вьетнам, Китай, Пакистан, Аргентина, Бразилия, Чили и Мексика) И сильная токсичность мышьяка у человека и домашнего скота. Во всем мире миллионы людей подвержены риску рака, вызванного As, и других заболеваний, связанных с мышьяком. В последнее время Агентство по охране окружающей среды США (USEPA) объявило о снижении допустимого стандарта для питьевой воды с 50 до 10 мкг L-1 (USEPA, 2002a). Соответствие этому стандартному уровню требует применения высокоэффективных технологий очистки, а также ограничения источников загрязнения. Тем не менее, As сильно диспергирован во время добычи, плавки, переработки, переработки, утилизации отходов в промышленности и промышленности по борьбе с вредителями и применения, как в сельском хозяйстве, так и в лесном хозяйстве (Han et al., 2003b, Loebenstein, 1994). Nriagu и Pacyna (1988) оценили загрязнение воздуха, воды и почв следами металлов, основанными на известных путях. Совсем недавно Matschullat (2000) рассмотрел как циклы и потоки в геосфере и прилегающих средах окружающей среды. Освобождение As от недр путем добычи подземных вод и из других природных источников As действительно представляют собой острую угрозу для здоровья людей во всем мире, особенно в Бангладеш, Индии и Европе. Естественные входы в мировые почвы являются важными источниками мышьяка, которые, как сообщается, в 1,5 раза больше антропогенного происхождения (Matschullat, 2000). Тем не менее, обсуждение входов натурального As выходит за рамки данной главы, в которой основное внимание уделяется. Однако обсуждение входов натурального As выходит за рамки данной главы, которая фокусируется на антропогенных источниках As.

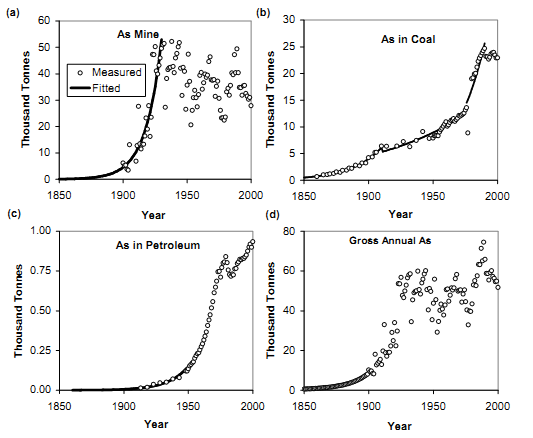


Рисунок 1.1. - Измеренный и подогнанный глобальный годовой промышленный возраст как производство. A) путем добычи; (Б) выделяется при сжигании угля; (В) выделяется при сжигании нефти; И d) валовой годовой выброс в окружающую среду (см. Пояснения в тексте) (после Han et al., 2003b). Перепечатано из Naturwissenschaften, 90, Han FX, Su Y., Monts DL, Plodinec MJ, Banin A., Triplett GB, Оценка глобального промышленного антропогенного загрязнения мышьяком, pp 396-397, Copyright (2003), с любезного разрешения Springer Science and Business Media)

Самые ранние записи мирового годового отчета As добыча из горных работ датируется 1900 г. (Kelly et al., 2002) (рис.1.1.a). Мировая добыча As из горного дела резко увеличилась с 1900 по 1930 год. Изменение производства описывается экспоненциальным уравнением наилучшего соответствия: Y = 63,66 e 0,083 X, где Y является мировым годовым. Поскольку добыча руды в тоннах и X - это число лет с 1849 года (R2 = 0,846, значимость при уровне вероятности 5%). С 1850 по 1900 год и между 1906 и 1909 годами измеренные записи отсутствовали, и они оценивались путем экстраполяции и интерполяции соответственно, используя экспоненциальное уравнение, полученное для данных между 1900 и 1930 годами (рис.1.1.a). После 1930-х годов мировая добыча значительно изменилась и, как общая тенденция, уменьшилась (рис.1.1.a). Это может быть связано с уменьшением сельскохозяйственного использования As в качестве пестицида, который достиг своего пика в 1940-х годах и составлял более 90% от потребления мышьяка (Loebenstein, 1994). Тем не менее, мировое производство As в 2000 году в 4,5 раза больше, чем за 1900 год (рис. 1.1.a).

Большинство из них было получено и извлечено из дымовой пыли, шпата и шлама, связанных с выплавкой медных, свинцовых, золотых и серебряных руд, содержащих As (Loebenstein, 1994). Поскольку As является побочным продуктом добычи и переработки цветных металлов, оценки мировых объемов производства характеризуются высокой степенью неопределенности (Loebenstein, 1994) по сравнению с тяжелыми металлами. Исходя из предположения, что примерно 6,5 кг на тонну меди (Edelstein, 1985) и расчетное суммарное накопление постиндустриального возраста в мировом производстве меди (Han et al., 2002a), альтернативный накопительный постиндустриальный возраст As производства до 2000 года оценивается примерно в 3,0 млн. Тонн. Эта оценка на основе Cu (3,0 млн. Тонн) находится в отличном согласии с общим кумулятивным объемом добычи As (3,3 млн. Тонн), основанным главным образом на оценках, сделанных в Бюро горнорудной промышленности США, и на модели, рассмотренной выше.

Другие крупные антропогенные источники As в окружающей среде, от сжигания угля (Nriagu and Pacyna, 1988) и нефти. Мышьяк испаряется из обожженного угля, но может быть сконденсирован вниз по течению в тонкодисперсных материалах (Clarke and Sloss, 1992). Поскольку ранние мировые записи по добыче угля не являются непрерывными (Woytinsky and Woytinsky, 1953, United Nations, 1976, 1978, Energy Information Administration, 2001, 1999), три наиболее подходящих показательных уравнения (Y = 93,35 e 0,0421X, R2 = 0,988; Y = 473,76 e 00131X, R2 = 0,897, Y = 16,35 e 00407X, R2 = 0,844, где Y - объем производства в тоннах, а X - число лет с 1849 года), были использованы для оценки годового производства угля в мире, когда он отсутствовал: за 1850-1910 годы, 1911-1975 годы и 1976-1990 годы, соответственно. Концентрация мышьяка в угле варьируется в широких пределах от 0,3 до 93 мг кг-1 (Bowen, 1979) или от 0,34 до 130 мг кг-1 (Piver, 1983). Некоторые угли из Европы, Нового Южного Уэльса, Новой Зеландии и США содержат от следов до 200 мг кг-1 (Baur and Onishi, 1969). Некоторые угли из Китая даже имеют несколько тысяч мг в кг-1. Ежегодные вклады As были оценены от добычи угля во всем мире (рис.1.1. (b)), считая, что средняя концентрация As в мировом угле составляет 5 мг кг-1 (Bowen, 1979).

Нефть была известна в Азии и на Кавказе еще до христианской эры. Однако коммерческое производство началось только в 1857 году в Румынии и в Соединенных Штатах до 1859 года (Войтинский и Войтинский, 1953). Мировая добыча нефти экспоненциально возросла с 1950-х годов. Поскольку концентрация в нефти относительно низкая, она колеблется от 0,0024 до 1,63 мг / кг (Pacyna, 1987). Среднюю концентрацию As 0,26 мг кг-1 (Bowen, 1979) использовали для оценки вклада As в выбросы в окружающую среду в результате сжигания нефти (рис. 1.1. (c)).

Мировой годовой вынос за счет угля и нефти составлял 80-86% относительно низкого мирового валового производства как в 1850-х годах. Когда в 1900-1930 гг. объем добычи мышьяка резко увеличился, доля поступлений от ископаемого топлива уменьшилась и достигла 10-15% от общей суммы в 1925-1945 гг., а затем в 2000 г. увеличилась до 46% (рис. 1.2.а). Обратите внимание, что мышьяк, образующийся из нефти, составлял менее 6% от общего количества, как от угля, так и от нефти. Объемы производства мышьяка в горнодобывающей промышленности и в мировой угольной и нефтяной промышленности достигли в 2000 году 51,8 тыс. Тонн, что в 5,2 раза больше, чем в 1900 году (рис. 1.1. (d), табл. 1.1.). Возможно, между прочим, эта оценка очень похожа на нижнюю границу ежегодного всемирного выброса As в почву (52 x 106 кг в год в 1988 г.), оцененная Nriagu и Pacyna (1988) путем суммирования в качестве вкладов от различных известных путей. При полной диссипации общей суммы As антропогенно произведенный до 2000 года, среднегодовая скорость диссипации As в педосфере в индустриальном возрасте составляет 26,5х106 кг в год, что близко к предыдущей оценке антропогенной эмиссии As (23,6-28x106 кг в год) (Hutchinson and Meema, 1987; Chilvers and Peterson, 1987) и антропогенных факторов в педосфере (28,4 x 10 6 кг в год, Matschullat, 2000). Педосфера, как сфера, взаимодействующая между литосферой, атмосферой и гидросферой, - это место, где живут, прежде всего, люди. Тем не менее, общий вклад As в почву (94 x 106 кг в год), оцененный Нриагу и Пасиной (1988 год), выше, чем оценки, представленные здесь с использованием подхода, основанного на источниках. Это несоответствие может быть обусловлено другими природными источниками, как обсуждалось выше, что не рассматривается здесь.

**Ртуть (Hg)**: ртуть используется в течение последних 2500 лет благодаря уникальным химическим и физическим свойствам. Ртуть выделяется в окружающую среду в значительных количествах, как естественными процессами, так и антропогенной деятельностью, и доказано, что она является мощным нейротоксином и глобальным ядовитым загрязнителем. Ртуть использовалась во многих промышленных процессах и коммерческих продуктах, включая лабораторное оборудование для измерения температуры и давления, электроды, ультрафиолетовые лампы, диффузионные насосы, стоматологические препараты, батареи, взрывчатые вещества, катализаторы и восстановление драгоценных металлов путем слияния. Ртуть также широко используется в антисептиках, слимицидах, фунгицидах и необрастающих красках. Он широко распространен в окружающей среде. Большой вклад Hg в окружающую среду привел к повсеместному появлению Hg во всей пищевой цепи (Adriano, 2001).

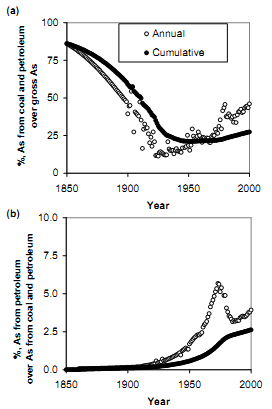


Рисунок 1.2. - (A) Проценты годовых и кумулятивных сумм, полученных от мировой угольной и нефтяной промышленности по всему глобальному валовому производству. (Б) Проценты годовых и кумулятивных процентов, полученных от мировой нефтяной промышленности за Аs, полученные как из угольной, так и из нефтяной промышленности (после Han et al., 2003b). Перепечатано из Naturwissenschaften, 90, Han FX, Su Y., Monts DL, Plodinec MJ, Banin A., Triplett GB, Оценка глобального промышленного антропогенного загрязнения мышьяком, pp 396-398, Copyright (2003), с любезного разрешения Springer Science and Business Media)

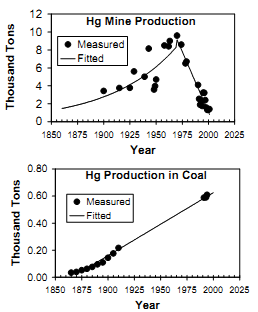


Рисунок 1.3. - Измеренное и установленное глобальное годовое промышленное производство ртутного рудника и производство ртути из мировой угольной промышленности (по данным Han et al., 2002a). Перепечатано из Naturwissenschaften, 89, Han FX, Banin A., Su Y., Monts DL, Plodinec MJ, Kingery WL, Triplett GB, Индустриальный возраст антропогенного вклада тяжелых металлов в педосферу, p 500, Copyright (2002), с любезного разрешения Springer Science and Business Media)

Было подсчитано, что ежегодный антропогенный вклад ртути в окружающую среду достигает 6х106 кг / год (Nriagu and Pacyna, 1988). Антропогенная эмиссия ртути находится в диапазоне 50-75% общего годового выброса ртути в атмосферу (Ebinghaus et al., 1999; Fitzgerald, 1995). Объединив как антропогенные источники, так и природные источники, в атмосферу было выпущено в общей сложности около 741х106 кг ртути, 118х106 кг, выпущенных в воду, и 806х106 кг, выпущенных в почву (Nriagu, 1979, 1991). Горно-обогатительные работы составляют 12% глобальных антропогенных выбросов ртути в воздух (Van Horn, 1975). За последние 100 лет атмосферная загрузка Hg увеличилась в три раза (Fitzgerald, 1995).

Переносимость ртути на большие расстояния от сжигания ископаемого топлива и сжигание твердых отходов привела к повышению Hg в пресной воде и биоте. Согласно оценкам, в Соединенных Штатах сжигание ископаемых видов топлива для выработки электроэнергии составляет около 30% общего выброса ртути в атмосферу (Harriss and Hohenemser, 1978). Каждое третье озеро в Соединенных Штатах и ​​почти одна четверть рек страны содержат различные загрязнители, включая Hg (CNN, 2004). Сорок штатов в США выпустили рекомендации для метилртути на отобранных водоемах, а 13 штатов располагают рекомендациями для всего или всех видов спортивной рыбы из рек или озер (USGS, 2000). Рекомендации по потреблению рыбы для метилртути составляют более трех четвертей всех рекомендаций по потреблению рыбы.

Воздействие ртути может нанести серьезный вред здоровью человека, в больших дозах оно может даже оказаться фатальным. Токсичность ртути обычно связана с почками и/или расстройствами нервной системы (центральная нервная система и нейроповеденческие изменения). Загрязнение ртутью было обнаружено в более чем 70 федеральных участках с загрязненными ртутью отходами.

Мировое производство ртути увеличилось в начале XX века (рис. 1.3., табл. 1.1.). Мировое производство ртути после 1970-х годов начало снижаться (рис. 1.3.). Однако вклад Hg из мировой угольной промышленности быстро увеличился с 1860-х годов из-за неуклонного роста мирового производства угля (рис.1.3.). Производство ртути в мировой угольной промышленности в 1983 году оценивается в 5,46х105 кг (рис. 1.3.). Ртуть очень летучая и существует почти исключительно в паровой фазе горения и газификации дымовых газов (Galbreath and Zygarlicke 1996). Поэтому глобальные выбросы ртути в атмосферу, образующиеся в результате сжигания угля, составили 12% от общего количества антропогенных выбросов ртути в атмосферу (45 × 105 кг / год), оцененных Нриагу и Пасиной (1988 год).

**Свинец (Pb):** Свинец, коррозионностойкий, плотный, пластичный и ковкий металл, является одним из микроэлементов, используемых людьми в течение, по меньшей мере, 5000 лет. Свинец был исторически использован для пигментов для остекления керамики, строительных материалов и труб для транспортировки воды. До начала 1900-х годов Pb использовался, прежде всего, для боеприпасов, латуни, облицовок для усыпальницы, керамических глазурей, свинцового стекла и кристаллов, красок или других защитных покрытий, оловянных и водяных линий и труб (USGS, 2006). С 1970-х до начала 2000-х годов Pb широко используется в производстве подшипниковых металлов, кабельных покрытий, свинцового уплотнения, припоев, свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, экранирования радиации в медицинском анализе и видеодисплея, и до 1980-х годов в качестве добавки в бензине. К середине 1980-х годов произошло значительное сокращение и/или ликвидация использования Pb в небатарейных продуктах, включая бензин, краски, припои и водные системы. К началу 2000-х годов общий спрос на Pb во всех типах свинцовых аккумуляторных батареях составлял 88% от общего потребления в США (USGS, 2006). Среди других значительных применений были боеприпасы (3%), оксиды в стекле и керамике (3%), литые металлы (2%) и листовой свинец (1%). Остальная часть расходуется на припои с металлами, латунными и бронзовыми заготовками, покрытие для кабеля, свинцового уплотнения и экструдированных изделий.

Свинец - высокотоксичный металл. Свинец может вызывать повреждения центральной нервной системы и, по-видимому, может повредить клетки, составляющие гематоэнцефалический барьер, который защищает мозг от многих вредных химических веществ. Он поглощается красными клетками крови и циркулирует по всему телу, где он концентрируется в мягких тканях, особенно в печени и почках. Свинец может вызывать целый ряд последствий для здоровья, от поведенческих проблем и проблем с обучением, до изъятий и смерти. Хроническая токсичность Pb является одной из основных проблем общественного здравоохранения в Соединенных Штатах, затрагивающих миллионы детей и взрослых, особенно тех, кто жил в старых домах с Pb-содержащими красками и в городских жилых районах с высоким трафиком. В 1978 году в США было около трех-четырех миллионов детей с повышенным уровнем Pb в крови (USEPA, 2006). К 2002 году это число сократилось до 310 000 детей, и оно продолжает снижаться. Дети в возрасте 6 лет и младше подвергаются наибольшему риску, так как их тела быстро растут. Основными источниками облучения Pb для большинства детей являются: ухудшение качества краски на основе Pb, загрязненной Pb пыли и загрязненной Pb жилой почвы.

Мировое производство свинца продолжало расти в начале 20-го века (рис. 1.4.), но затем замедлилось во второй половине 20-го века из-за прекращения добавления Pb в бензин.

**Кадмий (Cd):** Кадмий производится главным образом в качестве побочного продукта от добычи, плавки и переработки сульфидных руд цинка и в меньшей степени Pb и меди (USGS, 2006). Небольшие количества Cd, около 10% потребления, производятся из вторичных источников, главным образом из пыли, образующейся при утилизации чугуна и стального лома (USGS, 2006). Около трех четвертей потребления Cd используется в батареях; оставшаяся четверть используется для пигментов, покрытий и золочения, а также в качестве стабилизаторов для пластмасс (USGS, 2006). Кадмий также используется в фотографии, литографии, технологической гравировке, вулканизации резины и в качестве фунгицидов. Кадмий, потенциальный токсичный тяжелый металл без какой-либо известной биологической функции, присутствует в широком спектре потребительских товаров, и практически во всех домашних хозяйствах и отраслях промышленности есть продукты, которые содержат некоторое количество Cd.

Мировое производство Cd значительно возросло после 1950-х годов. Ежегодное мировое производство Cd стабилизировалось после середины 1970-х годов (рис. 1.4., табл. 1.1.).

**Хром (Cr):** Хром широко используется в современных индустриальных обществах. Хром используется в железе, стали и цветных сплавах, поскольку он повышает прокаливаемость и устойчивость к коррозии и окислению. Производство нержавеющей стали и цветных сплавов с Cr являются двумя из наиболее важных областей применения (USGS, 2006). Хром также используется в легированной стали, металлизации, пигментах, обработке кожи, катализаторах, обработке поверхности и огнеупорах (USGS, 2006). Таким образом, Cr стал общей составной частью разнообразных отходов и находится в различных концентрациях примерно на одной трети мест суперфонда в США.

Антропогенные источники Cr включают в себя переработку руды, производство стали и сплавов, производство пигментов, металлизацию/металл, ингибирование коррозии, кожевенный загар, консервацию древесины и сжигание угля и нефти. Поскольку шестивалентный Cr менее адсорбирован почвой и минералами и очень хорошо растворим в почвах и водоносных горизонтах, он легко попадает в источники воды и водотоки, что создает большие риски для людей и домашнего скота. Гексавалентный Cr классифицируется как первичный токсичный и мутагенный загрязнитель.

Мировое производство Cr увеличилось с начала XX века и значительно увеличилось с 1975 по 1990 год (рис. 1.4.) в основном из-за широкомасштабного использования в военных целях.

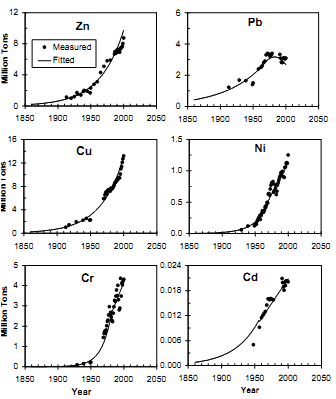


Рисунок 1.4. - Измеренное и приспособленное мировое годовое производство металла. Измеренные данные о ежегодном производстве металла в мире были собраны из информации Геологической службы США - информация о полезных ископаемых, 1997 год; Адриано, 1986 год; Woytinsky and Woytinsky, 1953. Производство хрома рассчитывалось исходя из производства хромита, предполагая в среднем 27,0% Cr. Установленные данные Cd до 1963 г. были рассчитаны на основе мирового годового производства Zn (Cd в основном в качестве побочного продукта) (после Han et al., 2002a). Перепечатано из Naturwissenschaften 89, Han FX, Banin A., Su Y., Monts DL, Plodinec MJ, Kingery WL, Triplett GB, антропогенные входы антропогенного происхождения тяжелых металлов в педосферу, p499, Copyright (2002), с любезного разрешения Springer Science and Business Media)

**Никель (Ni) / медь (Cu) / цинк (Zn):** Никель обладает смесью свойств черных и цветных металлов, а сплавы на основе никеля характеризуются коррозионной стойкостью. Поэтому Ni широко используется в нержавеющей стали (около 65% никеля, потребляемого в Западном мире) и суперсплавах / цветных сплавах (12%). Турбинные лопасти, диски и другие критические части реактивных двигателей и турбины сгорания на суше изготавливаются из суперсплавов и суперсплавов на основе Ni. Остальные 23% потребления применяются в легированных сталях, перезаряжаемых батареях, катализаторах и других химических веществах, монетах, литейных изделиях и покрытии (USGS, 2006).

Медь - один из старейших металлов, когда-либо использовавшихся, и был одним из важных материалов в развитии цивилизации (USGS, 2006). Из-за его высокой пластичности, ковкости, тепло- и электропроводности и коррозионной стойкости, Cu стал основным промышленным металлом после железа и алюминия по количеству потребляемого материала. Медь широко используется в электропередачах и генераторах, в строительстве электропроводки и строительства, телекоммуникаций, электротехнической и электронной продукции. Кроме того, Cu широко используется в сельском хозяйстве в качестве компонента в удобрениях, бактерицидах, фунгицидах и альгицидах, а также в кормах для животных (Han et al., 2000, Han et al., 2001b, c).

Мировое производство цинка занимает четвертое место среди всех металлов после железа, алюминия и меди. Цинк широко используется в различных областях: от металлических изделий (покрытие и легирование), резиновых, химических, лакокрасочных, сельскохозяйственных производств, в медицине. Цинк в качестве покрытия используется для защиты железа и стали от коррозии (оцинкованный металл), в качестве легирующего металла для изготовления бронзы и латуни, в качестве сплава для литья под давлением на основе Zn и в качестве проката Zn. И Cu, и Zn также являются важными микроэлементами для правильного роста и развития человека, животных и растений.

Мировое производство Ni, Cu и Zn возросло в начале XX века, а Ni и Cu значительно увеличились с 1960 по 2000 год (рис. 1.4.). После 1980-х годов мировое производство Zn затем уменьшилось.

Вообще, мировое производство для восьми изученных микроэлементов возрастало экспоненциально. Годовое производство микроэлементов в следующем порядке: Cu> Zn> Pb> Cr >> Ni >> As >> Cd> Hg (рис.1.1-1.4). Из них наибольший рост годового производства Cr наблюдался с начала XX века, а Cd - медленнее. Производство свинца стабилизировалось, а производство ртути сокращалось после 1970-х годов. Валовой объем производства колебался с 1925 по 2000 год. Темпы прироста годового производства микроэлементов с начала 20-го века находятся в следующем порядке: Cr >> Cu> Zn> Pb> Ni> As> Cd> Hg (рис. 1.1-1.4) .

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Запасы микроэлементов, оцененные здесь с индустриального века, явно указывают на то, что большое количество источников микроэлементов было произведено и рассеяно в педосфере. В 2000 году общее антропогенное глобальное производство As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb и Zn в совокупном промышленном возрасте составило 4,53, 1,1, 105, 451, 0,64, 36, 235 и 354 миллиона метрических тонн, соответственно. Соотношение потенциального вклада антропогенного микроэлемента в его содержание в мировой почве в 2000 г. составило 0,3, 1,0, 0,4, 5,6, 8,7, 0,7, 4,2 и 3,5 для As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb и Zn , соответственно. Общее количество микроэлементов на душу населения составляло 0,7, 0,18, 17,3, 74,2, 0,10, 5,9, 38,6 и 58,2 кг для As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb и Zn соответственно.

В отличие от большинства органических загрязнителей, микроэлементы накапливаются в педосфере, когда они попадают в почвенно-водные экосистемы. Техническое обслуживание рекультивации загрязненных почв является сложным, дорогостоящим и трудоемким процессом. Наиболее эффективным подходом к контролю загрязнения микроэлементов в педосфере является контроль антропогенных источников загрязнения при добыче, переработке, производстве, рециркуляции и утилизации отходов микроэлементов. Необходимо постоянно совершенствовать технологию промышленной переработки, чтобы снизить уровень дисперсии микроэлементов в окружающей среде. Устаревшие продукты, содержащие побочные продукты и отходы должны постоянно перерабатываться. Наконец, ожидается, что будут разработаны новые материалы-заменители для микроэлементов, чтобы в конечном итоге заменить и ограничить использование микроэлементов в нашей цивилизации. Разработать заменяющие прикладные материалы для замены As в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве, так и для контроля выбросов ртути и As от угольной промышленности будут значительно уменьшаться источники загрязнения и рассеивания в окружающей среде. Кроме того, для загрязненных микроэлементами почв и воды в результате тысячелетней человеческой цивилизации необходимо комплексное химическое восстановление, фиторемедиация, технологии инженерной реабилитации и современная генетика, чтобы снизить биодоступность, подвижность и токсичность микроэлементов в экосистемах.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Адриано Д.К. Микроэлементы в земной среде. Нью-Йорк: Springer, 1986 и 2001 гг.
2. Baur W.H., Onishi H. «Мышьяк» В Справочнике по геохимии II (3): 33., Wedepohl K.H., ed. Berlin: Springer, 1969.
3. Bowen H.J.M. Экологическая химия элементов. Нью-Йорк: Academic Press, 1979.
4. Bragg L.J., Oman J.K., Tewalt S.J., Oman C.L., Rega N.H., Washington P.M., Финкельман Р.Б. База данных по качеству угля (COALQUAL), версия 2.0. U.S. Geol. Обзор открытого файла отчета 97-134, 1998.
5. Chilvers D.C., Peterson P.J. «Глобальный цикл мышьяка». В свинец, ртуть и мышьяк в окружающей среде, T.C. Хатчинсон, К.М. Meema, eds. Нью-Йорк: Джон Вайли. 1987 год.
6. Clarke L.B., Sloss L.L. Микроэлементы - выбросы от сжигания угля и газификации. Лондон: исследование МЭА по углю, 1992 год.
7. CNN. Предупреждения о токсине растут для рыбы в США. Атланта, Джорджия, США: CNN.com, 25 августа 2004 г.
8. Ebinghaus R., Tripathi RM, Wallschlager, Lindberg SE «Природные и антропогенные источники ртути и их влияние на обмен воздушной поверхностью ртути в региональном и глобальном масштабах». На загрязненных ртутью площадках: характеристика, оценка риска и ремедиация, Р. Эбингхаус , Р. Р. Тернер, Л.Д. Ласерда, О. Васильев, В. Саломонс, ред. Берлин: Springer-Verlag, 1999.
9. Эдельштейн Д. Мышьяк. В: Минеральные Факты и Проблемы, Издание 1985 года. BuMines B., 1985.
10. Управление энергетической информацией (2001) Международная база данных по энергетике. Департамент энергетики США: Вашингтон, округ Колумбия.
11. Fitzgerald W.F. Увеличивается ли ртуть в атмосфере, возникает необходимость в сети атмосферной ртути. Водная воздушная почва, загрязнение 1995; 80: 245-254.
12. Galbreath K.C., Zygarlicke C.J. Видообразование ртути при сжигании угля и газификации дымовых газов. Environ Sc Technol 1996; 30: 2421-2426.
13. Goyer R.A., Klaassen C.D., Waalkes M.P. Металлотоксичность. Сан-Диего, Калифорния: Academic Press, 1995.
14. Хан Ф.Х., Банин А. Долгосрочные превращения Cd, Co, Cu, Ni, Zn, V, Mn и Fe в аридных зонах в условиях насыщения. Commun Scil Plant Anal 2000; 31: 943-957.
15. Хан Ф.Х., Банин А. Дробная изотерма тяжелых металлов в аридной зоне. Commun Scil Plant Anal 2001; 32 (17 и 18): 2691-2708.
16. Han F.X., Banin A., Kingery W.L., Li Z.P. Пути и кинетика превращения кобальта среди твердофазных компонентов в аридных зонах. J Environ Sci Health, Part A 2002b; 137: 175-194oC.
17. Han F.X., Banin A., Kingery W.L., Triplett G.B., Zhou L.X., Zheng S.J., Ding W.X. Новый подход к исследованиям перераспределения тяжелых металлов в почвах. Adv Environ Res 2003a; 8: 113-120.
18. Han F.X., Banin A., Su Y., Monts D.L., Plodinec M.J., Kingery W.L., Triplett G.B. Индустриальный возраст антропогенного вклада тяжелых металлов в педосферу. Naturwissenschaften 2002a; 89: 497-504.
19. Harriss R.C., Hohenemser C. Mercury: Измерение и управление риском. Environ 1978; 20: 25-36.
20. Hutchinson T.C., Meema K.M., свинец, ртуть, кадмий и мышьяк в окружающей среде. Нью-Йорк: Wiley, 1987.
21. Келли Т., Букингем Д., ДиФранческо К., Портер К., Гунон Т., Снопек Дж., Берри К., Кран М. Историческая статистика по минеральным товарам в Соединенных Штатах. Геологическая служба США, 2002 г.
22. Линдквист О., Йоханссон К., Ааструп М., Андерссон А., Брингмарк Л., Ховсениус Г., Хакансон Л., Иверфельдт А., Мейли М., Тимм Б. Ртуть в шведской среде - недавнее исследование причин, Последствий и корректирующих методов. Водная воздушная почва, загрязненная 1991; 55: 1-251.
23. Loebenstein J.R. Поток материалов мышьяка в США. Бюро по горнорудной промышленности США, 1994 год.
24. Мацчуллат Дж. Мышьяк в геосфере: обзор. Sci Total Environ 2000; 249: 297-312.
25. Нриагу Дж. О. Глобальная инвентаризация естественных и антропогенных выбросов микроэлементов в атмосферу. Nature 1979; 279: 409-411.
26. Nriagu J.O., Pacyna J.M. Количественная оценка всемирного загрязнения воздуха, воды и почв следами металлов. Nature 1988; 333: 134-139.
27. Нриагу Дж. О. Биогеохимия ртути в окружающей среде. Нью-Йорк: Элсевир / Северная Голландия Biomed Press, 1991.
28. Pacyna J.M. Атмосферные выбросы мышьяка, кадмия, свинца и ртути из высокотемпературных процессов в энергетике и промышленности. In: свинец, ртуть, кадмий и мышьяк в окружающей среде, T.C. Хатчинсон, К.М. Meema, eds. SCOPE 1987; 31: 69-87.
29. Piver W.T. «Мобилизация мышьяка естественными и промышленными процессами». В биологических и экологических целях мышьяка, B.A. Фаулер изд. Amsterdam: Elsevier, 1983.
30. Settle D.M., Patterson C.C. Свинец в Альбакоре: руководство по свинцовому загрязнению у американцев. Science 1980; 207: 1167-1176.
31. Объединенные Нации. Мировые поставки энергии 1950-1974 гг. Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций, 1976 год.
32. Объединенные Нации. Мировые поставки энергии 1972-1976 годы. Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций, 1978 год.
33. Американское бюро горных работ. Ежегодник полезных ископаемых. Металлы и полезные ископаемые. Вашингтон, округ Колумбия. Департамент внутренних дел США, 1978-1980 годы.
34. Департамент внутренних дел США, US Geol. Ежегодник Обзора минералов. Металлы и полезные ископаемые. Вашингтон, округ Колумбия. Печатное управление США, 1994-2000 годы.
35. Департамент внутренних дел США, US Geol. Опрос. Ртуть в уголь США - изобилие, распределение и Способы возникновения, http://pubs.usgs.gov/factsheet/fs095-01/fs095-01.html (проверено 28 августа 2002 г.), 2002.
36. USEPA. Свинцовые краски, пыль и почва. Http://www.epa.gov/lead/. 2006.
37. USGS. Товарная статистика и информация. Http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/ товар /. 2006.
38. USGS. Ртуть в окружающей среде, информационный бюллетень 146-00. Http://minerals.usgs.gov/mercury, 2000.
39. Van H. W. Материальный баланс и технологическая оценка ртути и ее соединений на национальных и региональных основаниях. EPA 560 / 3-75-007. Агентство по охране окружающей среды США, Вашингтон, округ Колумбия, 1975.
40. Войтинский В.С., Войтинский Е.С. Мировое население и производство: тенденции и перспективы. Балтимор MD: Лорд Балтимор Пресс, 1953.