

Ртуть в окружающей среде

Распространение и миграция ртути довольно хорошо изучены — в отличие то многих других микроэлементов. Это обусловлено доступностью очень чувствительного метода анализа — непламенной атомной абсорбции, с помощью которой были получены результаты, вызвавшие серьезное беспокойство.

До того, как метод непламенной атомной абсорбции получил широкое распространение, сведений о влиянии ртути на окружающую среду было мало. Содержание ртути находилось ниже пределов обнаружения существующих в то время методов анализа. Еще в древности было известно, что ртуть токсична для животных и человека, но только в 1950-х годах люди осознали, насколько опасно ядовитое действие ртути.

В 1952-53 г.г. люди, живущие в рыбацких деревушках вдоль залива Минамата в Японии, умирали от таинственной болезни. Лишь некоторое время спустя болезнь была идентифицирована, как результат отравления ртутью. Исследования показали, что жертвы употребляли в пищу моллюски, содержащие ртуть. Ртуть попала в залив со сточными водами фабрики, расположенной на берегу залива. Впоследствии эта болезнь стала известна под названием болезнь «Минамата». Та же болезнь вызвала смерть десяти человек в Ниигата в 1969 г. Открытие болезни «Минамата» привело к резкому увеличению числа работ, посвященных исследованию ртути как загрязняющего вещества. Этому способствовало не только появление простых и чувствительных методов анализа, но и периодические случаи отравлений, например, смерть 450 иракских крестьян в 1972 г. после употребления в пищу зерна, обработанного содержащими ртуть пестицидами.

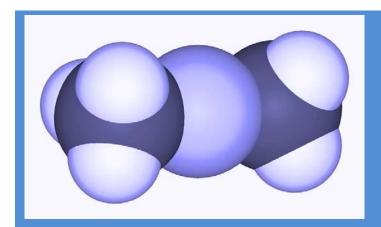
Формы нахождения ртути в окружающей среде

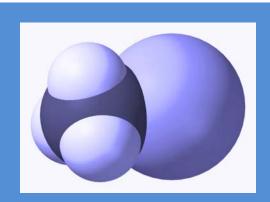
Ртуть мало распространена в земной коре (~10⁻⁵ %), однако она концентрируется в сульфидных минералах, главным образом, в виде киновари HgS, что значительно облегчает добычу ртути. В виде сульфидов ртуть относительно безвредна, но атмосферные процессы, подводная вулканическая активность и деятельность человека привели к тому, что в мировом океане накопилось около 50 млн. т



этого металла. Естественный вынос ртути в океан в результате эрозии составляет примерно 5000 т/год, вследствие деятельности человека в океан попадает еще 5000 т/год.

Первоначально ртуть попадает в океан в виде иона Hg^{2+} , затем она быстро взаимодействует с органическими веществами и с помощью анаэробных организмов переходит в сильно токсичные формы: метилртуть $(CH_3Hg)^+$ и диметилртуть $(CH_3)_2Hg$. Диметилртуть стабильна при высоких pH, но превращается в $(CH_3Hg)^+$ при низких значениях pH. Такие условия могут возникать в придонных илистых слоях рек или озер. Так как метилртуть растворима, она быстро внедряется в организмы, живущие в водной среде, и, в конце концов, попадает в организм человека, как высшего звена пищевой цепочки.





Диметилртуть (CH₃)₂Hg и метилртуть (CH₃Hg)⁺ wikimedia.org

Хотя загрязнение ртутью в гидросферы является основной проблемой, ртуть присутствует и в атмосфере, так как имеет относительно высокое давление паров. Природное содержание ртути составляет примерно 0,003—0,009 мкг/м³, но в районах добычи сульфидных руд ее содержание увеличивается на несколько порядков. Так, воздух над рудником Мазатзал Маунти в Аризоне содержит 20 мкг/м³ ртути. Этот факт может быть использован для поисков месторождений ртути при помощи измерения содержания ртути в воздухе около земли.

Источники загрязнения ртутью

Природные источники вносят основной вклад в загрязнение окружающей среды, однако доля ртути, попадающая в окружающую среду в результате деятельности людей, сильно увеличивается. К природным источникам относятся процессы выветривания горных пород, а также земная и подводная вулканическая деятельность.



Хочинс и Брук изучили природное рассеяние ртути из сульфидных осадков в Пухипухи на Северном острове в Новой Зеландии. Данные, приведенные на рисунке, показывают содержание ртути в воде и речных отложениях на различном расстоянии вдоль течения реки Вэйруа. Последняя через отложения ртутьсодержащих ископаемых в Пухипухи и впадает в море в 100 км от них. Влияние этого источника ртути отмечено на расстояниях до 50 км в речных отложениях и только на расстоянии 5 км в воде, что является результатом нестабильности иона ртути.

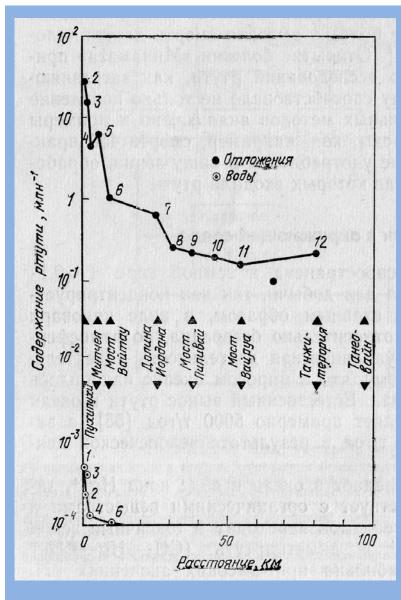


Рис. Зависимость содержания ртути в воде и осадочных веществах реки Вэйруя от расстояния до ртутных осадочных пород в Пухипухи

Ртуть характеризуется малым временем пребывания в воде и быстро переходит в отложения в виде соединений с органическими веществами. Поскольку ртуть адсорбируется отложениями, она может медленно освобождаться и растворяться в воде, что приводит к образованию источника хронического загрязнения, действующего длительное время после того, как исчезнет первоначальный источник загрязнения.



Висберг и Зобель исследовали вулканическую деятельность Вэйракейского геотермического района в Новой Зеландии, как источника природного загрязнения ртутью. Позже это предположение было подтверждено Уайтом с сотр., которые сообщили о содержании ртути (0.05—0.31)·10⁻⁷% в термальных водах Йелоустонского национального парка.

Мировое производство ртути в настоящее время (1982 год) составляет 100 тыс. т, около половины этого количества используют в производстве хлора. Ниже указаны процессы, в которых использовалась ртуть в Великобритании в 1969 г.:

Доля от общего количества, %

Производство хлора 49

Ртутные выключатели 35

Краски 7

Производство пестицидов 3.5

Фармацевтические препараты 1.8

Полимерные материалы 1.8

Прочие 1.9

При производстве хлора ртутным методом возможны значительные потери ртути в окружающую среду. Оценено, что общемировые потери составляют 1 млн. т ртути. Одним из первых таких примеров является электрохимическое производство хлора в Онтарио, где потери ртути составляли 15 кг/сут в течение по крайней мере 20 лет (т.е. более 100 т). Речные отложения, расположенные около сбросов сточных вод этого завода, содержали больше 0.17% ртути, столько же содержится в ртутьсодержащих породах, разработка которых экономически выгодна. Кроме очевидных источников загрязнения, упомянутых выше, ртуть может попадать в воздух в результате сжигания ископаемого топлива. Хотя в бурых углях относительно мало ртути (1—25)·10⁻⁷%, многие антрациты содержат (1.1—2,7)·10⁻⁴% и могут представлять серьезный источник загрязнения. Содержание ртути в сырой нефти и в нефтепродуктах еще выше (1.9— 21.0)·10⁻⁴%. Остаточные фракции, из которых извлекают большинство легколетучих углеводородов, могут содержать более 0.05% ртути. Анализы образцов льда Гренландского ледяного купола, оказались очень полезными для оценки роста загрязнений ртутью в результате бурного роста промышленности. Было установлено, что содержание ртути оставалось постоянным, начиная с 800 г. н.э. и до 1950-х годов,



но уже с этих пор количество ртути удвоилось. Направление миграции ртути в окружающей среде показано на рисунке.

Физиологические признаки ртутного отравления детально освещены в работе, проведенной по заказу правительства Швеции. Метилртуть особенно опасна для животных, так как она быстро переходит из крови в мозговую ткань, разрушая мозжечок и кору головного мозга. Клинические симптомы такого поражения — оцепенение, потеря ориентировки в пространстве, частичная потеря зрения. Следует учесть, что симптомы ртутного отравления проявляются не сразу. Так как головной мозг содержит избыток клеток, выполняющих какую-либо определенную функцию, то клинические симптомы обычно не проявляются до тех пор, пока эта избыточность не исчезнет.

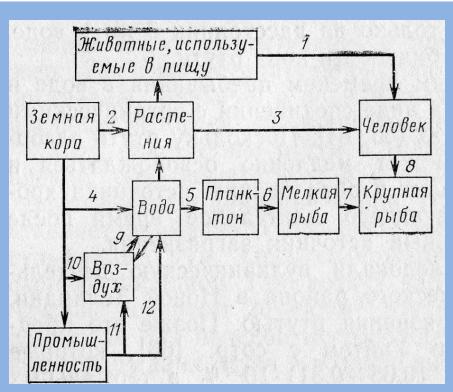


Рис. Круговорот ртути в окружающей среде

1 — животные, используемые в пищу веком; 2—адсорбция ртути корневой системой растений; 3 — употребление человеком загрязненных растительных пищевых продуктов; 4 — проникновение ртути в воду в результате вулканической деятельности; 5 — поглощение ртути планктоном; 6 — поглощение планктона мелкой рыбой; 7 — поглощение крупной рыбой мелкой рыбы (концентрация ртути увеличивается); 8 — употребление в пищу крупной рыбы, содержащей ртуть; 9 — равновесие между содержанием ртути в воде и в воздухе; 10 — проникновение ртути в воздух в результате вулканической деятельности; 11 — проникновение в воздух ртутьсодержащих отходов промышленных предприятий; 12 — проникновение в природные воды ртутьсодержащих отходов промышленных предприятий.



Другим неприятным последствием отравления метилртутью является проникание ртути в плаценту и накапливание ее в плоде, причем мать не испытывает при этом болезненных ощущений.

Клиническая проверка ртутного отравления основана на определении содержания ртути в крови. Бергланд и Берлин, Бергланд с сотр. и Хамонд показали, что идентифицируемые симптомы ртутного отравления наступают при ее содержании (0.2—0.6)·10⁻⁴%. Такой уровень может быть достигнут при ежедневном поглощении здоровым человеком 0.3—1 мг ртути.

Человеческие волосы также могут быть использованы в диагностических целях, нейрологические симптомы могут появиться при содержании ртути в волосах около 5·10⁻⁶%. По предложению Международной Организации Здравоохранения, максимальное количество ртути, поглощаемое человеком в день, не должно превышать 0.3 мг, причем не более 0.2 мг должно быть в виде метилртути. Уровень безопасности рассчитывается путем деления наименьшего содержания ртути, которое еще может вызвать отравление, на некоторый фактор. В Швеции рекомендован фактор, равный 10.

Дж. О. М. Бокрис (ред.) Химия окружающей среды. М. Химия, 1982.



nyu.edu