



Общие вопросы по обеспечению химической безопасности

УДК 669.76:543.42:006.354; 549.333

DOI: 10.25514/CHS.2021.2.20017

Инвентаризация источников поступления ртути в окружающую среду в Азербайджане***И. И. Мустафаев¹, Л. Ю Джаббарова¹✉, З. О. Набизаде¹***

¹Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджанская республика,
e-mail: clala@mail.ru

Поступила в редакцию: 29.05.2021 г.; после доработки: 25.11.2021 г.; принята в печать: 30.11.2021 г.

Аннотация – Ртуть это один из самых токсичных металлов, широко используемый в промышленности и повседневной жизни. Это тяжелый жидкий металл, пары и некоторые соединения которого чрезвычайно опасные вещества, загрязняющие атмосферу, воду, пищу. Источники выбросов ртути: добыча и выплавка ртутьсодержащих руд из сульфидных руд, извлечение цветных металлов, золота из руды, отбеливание целлюлозы, производство хлора, каустика, винилхлорида, электрооборудование, измерительные приборы, ртутьсодержащие препараты, производство цемента, использование ртутьсодержащих пестицидов, сжигание угля и мазута. Значительные количества ртути также выбрасываются в окружающую среду при сжигании отходов. Представлены результаты инвентаризации источников поступления ртути в Азербайджане. Одним из обязательств в соответствии с требованиями Минаматской конвенции является создание кадастра выбросов ртути в окружающую среду «Ртуть», подготовленный Программой ООН по окружающей среде (UNEP Chemicals – Waste). Для создания кадастра были проанализированы все основные области национальной промышленности Азербайджана, в которых вероятно присутствие ртути, проведены количественные оценки, а в некоторых случаях выявлены их тенденции. Приводится оценка общего воздействия ртути на здоровье человека.

Ключевые слова: ртуть, ртутные соединения, ртутные термометры, ртутные красители, ртутьсодержащее оборудование красители, манометры, амальгама

General information on chemical safety

УДК 669.76:543.42:006.354; 549.333

DOI: 10.25514/CHS.2021.2.20017

Inventory of mercury emission sources in Azerbaijan***Islam I. Mustafae¹, Lala Y. Jabbarova¹✉, and Zargalam O. Nabizade¹***

¹Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan, e-mail: clala@mail.ru

Received: August 03, 2021; Revised: October 28, 2021; Accepted: November 12, 2021

Abstract – Mercury is one of the most toxic metals and is widely used in the environment. It is a heavy liquid metal, which contains extremely dangerous substances that pollute the atmosphere, water, food. Sources of mercury emissions – mining and smelting of mercury-containing ores from sulphide ores, extraction of non-ferrous metals, gold from ore, bleaching of cellulose, chlorine, caustic, vinyl chloride, electrical equipment (lamps, various power sources), measuring and control devices (thermometer, manometer), mercury-containing preparations, cement production, use of mercury-containing pesticides, combustion of coal and fuel oil. Significant amounts of mercury are also released into the environment during waste incineration. The results of the inventory of mercury emissions in Azerbaijan are presented. There were analyzed all the main areas of national industry of Azerbaijan, in which the presence of mercury, conducted quantitative assessments, and in some cases revealed their trends. One of the obligations in accordance with the requirements of the Minamata Convention is the creation of an inventory of emissions into the environment "Mercury" prepared by the United Nations Environment Program (UNEP Chemicals – Waste). To create a cadastre, all the main trends in the national industry of Azerbaijan were analyzed. The overall health impact of mercury is assessed.

Keywords: mercury, mercury compounds, mercury thermometers, mercury-containing equipment, dyes, manometers, amalgam.

ВВЕДЕНИЕ

Азербайджан не подписал Минаматскую конвенцию о ртути, но внимательно изучает ее для рассмотрения вопроса о ратификации. Как потенциальный следующий шаг в подготовке страны к выполнению будущих обязательств по Минаматской конвенции и принятие своевременных мер по сокращению выбросов ртути и защите населения и окружающей среды, Азербайджан признал необходимость подготовки инвентаризации выбросов ртути в стране. Национальная инвентаризация выбросов ртути в различных секторах была проведена при участии всех соответствующих национальных заинтересованных сторон и участвующих организаций. Результаты этой предварительной инвентаризации представлены в данной работе, а впоследствии ожидается, что Азербайджан будет информировать о разработке и принятии Национального Плана действий (НПД) по ртути. Значительные количества ртути выбрасываются в окружающую среду при сжигании отходов. Для оценки риска от загрязнения ртути необходимо провести инвентаризацию источников ртути и его химического состояния, место нахождения и т.п. В данной статье проведена инвентаризация источников ртути в различных отраслях экономики Азербайджана. Инвентаризация ртути была подготовлена в соответствии с правилами указанного ниже метода. [1]. В основе этого принципа лежит разница между массой ртути, поступающей в процесс в той или иной области, количеством, охватывающим весь его жизненный цикл, и количеством ртути, полученной на выходе. Фактически ртуть, полученная на выходе, характеризует количество ртути, выбрасываемой в воздух, почву, воду и другие компоненты. Чтобы визуализировать стадии этого процесса и оценить возможные эффекты на каждой стадии, принимаются во внимание пути, которыми ртуть попадает в пищевую цепь человека из неорганического состояния, а также распределение ртути в окружающей среде и ее попадание в

пищевую цепь человека через растительные и животные организмы в форме органических соединений (например, метил ртути).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методология

Инвентаризация выбросов ртути в окружающую среду проводилась с использованием метода под названием **«Методология определения и количественной оценки поступлений ртути в окружающую среду»** разработанного Программой по окружающей среде Организации Объединенных Наций «ЮНЕП - химические вещества» (UN Environment Chemicals) [1].

В методологии используется принцип масс-баланса: **суммарный вход = суммарному выходу**. Базовое уравнение количественной оценки имеет вид:
пути поступления ртути = показатель экономической активности • фактор входа ртути • фактор распределения ртути на выходе

Инвентаризация проводилась в 4 этапа:

1. Использование грубой матрицы отбора для определения основных источников ртути в стране.
2. Включение подкатегорий в основные категории для определения отдельных видов деятельности, которые являются потенциальными источниками распространения ртути.
3. Проведение количественной инвентаризации.
4. Сбор стандартизированных данных инвентаризации ртути на этапах: 1–3. Этот этап учитывает все доступные источники ртути и уточняет полноту, прозрачность, а также недостатки данных.

При рассмотрении образования ртути система учитывала скорость образования в единицах тонна/год или кг/год. Если ртуть образуется в продукте, то количество ртути в продукте рассчитывается в г/т, или г/кг, или в аналогичных концентрациях, а количество ртути в единицах продукта в год рассчитывается в кг/год.

В разделах приведены оценки выбросов ртути в различные компоненты окружающей среды по видам источников ртути по правилам цитируемой методики

Источники ртути

- Производство топлива и потребление энергии
- Производство металла
- Производство цемента;
- Ртутные термометры;
- Ртутьсодержащие электрические и электронные переключатели, контакты и реле;
- Ртутьсодержащие источники света;
- Батареи ртутные, манометры и приборы;
- Химикаты и оборудование в лабораториях;
- Использование ртути в религиозных обрядах и народной медицине;
- Сжигание бытовых отходов;

- Сжигание опасных отходов;
- Сжигание медицинских отходов;
- Сжигание осадка сточных вод;
- Смешивание/утилизация отработанных почв и очистка сточных вод;
- Незаконное захоронение отходов;
- Система очистки сточных вод;
- Крематории и кладбища.

Более подробно основные источники поступления ртути в Азербайджане, для которых выполнялась инвентаризация, рассмотрены ниже.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Добыча топлива и потребление энергии

Управление энергетической информации США опубликовало отчет о водных и наземных запасах нефти в бассейне Каспийского моря [2]. Управление энергетической информации США в своем отчете оценило общие запасы нефти в водном секторе Каспийского бассейна в 19,6 миллиарда кубометров баррелей, а в земельном секторе – 28,6 млрд. оценивается в объеме барреля. Согласно документу, запасы нефти Азербайджана в водном секторе Каспийского бассейна составляют 6,8 миллиарда кубометров. При этом общие запасы нефти пяти прибрежных стран в водном и сухопутном секторе Каспийского моря составили 48,2 миллиарда долларов. В конце документа отмечается, что общая суточная добыча нефти всех прибрежных стран составляет 945 тысяч баррелей, из которых 890 тысяч баррелей (94%) приходится на Азербайджан.

Динамика добычи нефти Государственной нефтяной компанией Азербайджанской Республики (ГНКАР) и Азербайджанской Международной Операционной Компанией (АМОК) с 1995 по 2013 гг. представлена на рисунке 1 [3].

Из рисунка 1 видно, что добыча нефти достигла максимума в 2010–2012 годах, а затем начала падать. Однако добыча нефти Государственной нефтяной компанией Азербайджанской Республики остается практически стабильной.

На рисунке 2 представлены динамика и прогноз добычи нефти в Азербайджане в 1998–2025 гг. [3].

Рассчитанное количество ртути, ежегодно выбрасываемой в окружающую среду от топливно-энергетического комплекса, составило 3059 кг ртути, из которых 557,7 кг/год выбрасывается в воздух, 608 кг/год – в воду, 870 кг/год ртути выбрасывается в виде побочных продуктов сгорания и переработки, а также 1024 кг/год ртути направляется в частный сектор переработки.

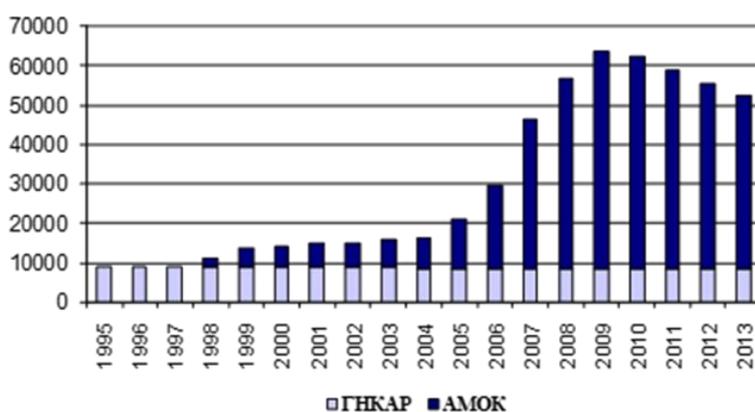


Рис. 1. Миллионы тонн нефти, ежегодно добываемые Государственной нефтяной компанией Азербайджанской Республики (ГНКАР) и Азербайджанской Международной Операционной Компанией (АМОК) с 1995 по 2013 гг.

Fig. 1. Millions of tons of oil, which produced annually by State Oil Company of the Republic of Azerbaijan (SOCAR) and Azerbaijan International Operating Company (AIOC) from 1995 to 2013.

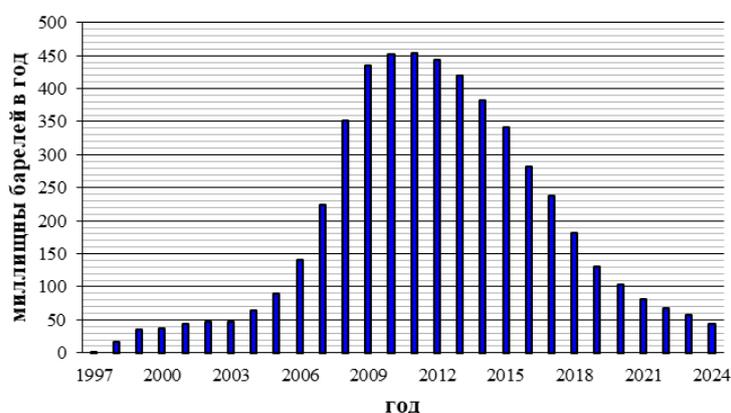


Рис. 2. Прогноз добычи нефти в Азербайджане до 2024 года.

Fig. 2. Forecast of oil production in Azerbaijan until 2024.

Производство металла

На нынешнем этапе производства цветных металлов в Азербайджане применяется технология отделения золота с использованием цианидов щелочных металлов. Население, проживающее в этих районах, исторически может добывать золото по традиции кустарного производства, применяя ртутную амальгаму. Особенно это может использоваться в бассейне Курекчай для отделения россыпи в золотой воде. Целесообразно провести дальнейшие исследования в этой области. Согласно статистике 2016 года, в программе расчета использовались такие цифры по производству металлов как:

- 2 тонны/год для золота,
- 93 тонны/год для меди,
- 100000 тонн/год для извлечения алюминия из бокситов
- 20000 тонн/год для производства первичного железа.

Общее количество ртути, выделившейся в этих процессах, составило 54 кг. Из них 9,6 кг ежегодно сбрасывается в воздух, 5 кг в воду, 36 кг в почву.

Таким образом, выбросы ртути в окружающую среду при производстве золота и других цветных металлов могут происходить из двух источников:

1. Применение кустарного метода в производственном процессе, т.е. выброс ртути в атмосферу при нагревании ртутной амальгамы для получения золота.
2. Выделение и распределение ртути в горных породах при переработке.

Производство цемента

Годовое потребление цемента в Азербайджане составляет 3,5 – 4 миллиона тонн. Однако до последних лет его производилось в Азербайджане только около 50%, остальное импортировалось, особенно из Ирана. Старый цементный завод в Гарадаге был приватизирован шведской компанией Holcim и его годовая производственная мощность достигла 1,7 млн тонн. Кроме того, введен в эксплуатацию Газахский цементный завод производственной мощностью 2 млн тонн в год. Цементный завод Norm с годовой производственной мощностью 2 миллиона тонн построен по современным технологиям и вошел в производственный цикл. Заводы, производящие 300 тысяч тонн цемента в год в Нахичевани и 1 миллион тонн в городе Агстафе, также начали снабжать строительный сектор страны цементом. Если учесть, что новые заводы еще не вышли на полную производственную мощность, то их полная производственная мощность в 2016 году составила всего 2,7 млн тонн. Процесс получения цемента требует обработки многих минеральных природных материалов при высоких температурах. В этих процессах обработки ртуть, содержащаяся в минеральном сырье, выбрасывается в окружающую среду. Расчеты показывают, что при этом производстве ежегодно выделяется 316 кг ртути. Из них 188,3 кг выбрасывается в воздух, а в виде побочных продуктов и примесей – 128,2 кг.

Сжигание твердых отходов

Ртутные отходы составляют 2% опасных отходов. Таким образом, количество отходов, образующихся у 10-миллионного населения, составляет около 2,5 млн т. Эти цифры были использованы для расчета выбросов ртути в окружающую среду. Было отмечено, что в окружающую среду при сжигании выбрасывается ежегодно:

- твердых отходов (мусорный полигон) – 450 кг,
- медицинских отходов – 2 кг,
- при открытом сжигании – 500 кг,
- на контролируемых полигонах – 162 кг,
- на неконтролируемых полигонах – 1300 кг.

Следует отметить, что 6 кг ртути, выбрасываемой в окружающую среду при переработке 5000 тонн отходов производства железа, также являются отходами этого сектора, в общей сложности 2414 кг ртути ежегодно выбрасывается в окружающую среду из сектора твердых отходов, из которых 857,8 кг выбрасывается в воздух, 130 кг – в воду и 1040 кг – в почву.

Переработка сточных вод

Образование сточных вод и количество в них ртути также рассчитывали по стандартным методикам. Ежегодный объем сточных вод в Азербайджане составляет 5300 миллионов кубических метров. Расчеты показывают, что этими стоками ежегодно сбрасывается 2650 кг ртути, из которых 1325 кг сбрасывается с водой, 742 кг сбрасывается в почву, 331 кг остается в виде общих отходов и 252 кг поступает в сектор переработки.

Производство ртутьсодержащей продукции

Такие продукты и оборудование включают ртутные термометры, используемые для различных целей, манометры для измерения кровяного давления, люминесцентные лампы, батареи, полиуретановый материал, произведенный на основе ртутного катализатора, ртутные красители, косметические средства для кожи и мыло. Данные Государственного комитета статистики, Государственного таможенного комитета и отраслевых министерств были использованы для определения точного количества этих продуктов. Однако во многих случаях данные ConEC и SCC не указывают, содержит ли продукт ртуть, поскольку это не установлено действующим законодательством. Как только Минаматская конвенция будет ратифицирована или принята, вполне вероятно, что к этим вопросам будут относиться серьезно, и можно будет определить точное количество таких продуктов. Для первоначальных оценок количество ртутного и безртутного оборудования было принято равным 50:50%. Следующие приближения были использованы для максимально точного определения количества этих продуктов. Информация о видах и количестве ртутных продуктов была получена от Минздрава, SOCAR и других организаций. Если невозможно получить информацию о продукте, приблизительные цены рассчитываются путем приближения к мировым стандартным нормам (количество термометров, ламп, батареек и других продуктов на 1000 человек) с учетом уровня развития экономики страны. Одним из основных применений ртутных продуктов в Азербайджане является ее использование в термометрах. Ртуть используется потому, что это единственный металл, который находится в жидком состоянии при комнатной температуре, и при ее термическом расширении, можно точно измерить температуру, поместив ртуть в градуированный стеклянный контейнер.

Ртутные термометры в Азербайджане не производятся, все термометры импортные. В секторе здравоохранения, в примере указания количества используемых ртутных термометров, мы применили указанное выше приближение следующим образом. Исследователи из США [4] обнаружили, что в год на каждой больничной койке ломается 2–3 ртутных термометра. Если учесть, что примерное количество коек в больницах и поликлиниках в сфере здравоохранения в Азербайджане составляет 45,8 тысячи, количество сломанных термометров – 114,5 тысячи. Если учесть, что в Азербайджане каждый десятый, то есть каждая вторая семья, имеет градусник и 20% их сломано в течение года, то количество сломанных термометров в семьях составляет 181081 штук ($9054000 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 181081$).

Количество устаревших медицинских термометров составляет около 295581 штук. Учитывая, что ртутные термометры также используются в лабораториях, количество этих термометров можно принять равным 300600, с небольшими отклонениями. Расчет основан на этой цифре. Было получено, что 316 кг ртути ежегодно выбрасывается в окружающую среду из всех типов ртутных термометров. Из этого количества 63,3 кг выбрасывается в воздух, 94,9 кг в воду, 63,3 кг в почву и 94,9 кг отделяется в общие отходы -

Реле и выключатели часто используются для включения и выключения схемы управления, обеспечивая большую токовую нагрузку относительно небольшим током. К ним относятся: ртутные плунжерные реле, ртутные геркон (сокращение от «герметичный контакт») и ртутные контактные реле. Реле используются в телекоммуникациях, монтажных щитах, коммерческих / промышленных электрических духовках (электрических обогревателях) и другом кухонном оборудовании. В связи с неравномерным распределением ртутных выключателей и реле в Азербайджане для расчета по используемой методологии было взято 0,14 г ртути на человека. По этому методу количество ртути, ежегодно попадающей в окружающую среду, было рассчитано в 1373 кг. Из этого количества 412 кг было выброшено в воздух, 549 кг в почву и 412 кг было отделено на обычные отходы.

Ртутьсодержащие источники света. Наиболее типичные источники света, используемые для ртути, известны как ртутные лампы, которые до сих пор используются в некоторых странах для уличного освещения. В таких источниках света для испарения ртути и освещения используется электрически разряженный газ. К другим часто используемым источникам света относятся люминесцентные лампы. Эти лампы используют электрический разряд для возбуждения атомов ртути, вызывая испускание ультрафиолетового света, который образует «флуоресцентный» белый свет.

Завод по производству источников света (ламп) в Азербайджане приостановлен, а все виды ламп импортируются. Количество такой продукции было взято из перечня ввозимых товаров [5] и произведены расчеты путем принятия числа 3500000. Результаты расчетов представлены ниже.

Количество ртути, ежегодно поступающее в окружающую среду из этого сектора, составило 56 кг, из которых 16,9 кг было выброшено в воздух, 16,9 кг – в почву и 22,5 кг было отделено на обычные отходы.

Ртутьсодержащие батареи. Существует множество батарей с некоторыми функциональными элементами, изготовленными из ртути, в том числе щелочные батареи из цинково-воздушного оксида серебра и оксида магния. Их часто используют в часах, игрушках, слуховых аппаратах и других небольших электрических устройствах. Создание небольших электронных устройств возможно из-за небольшого размера батареек в форме кнопок. Ниже приводится краткое описание типов аккумуляторов, используемых в коммерческом секторе: *Цинк – миниатюрные воздушные батарейки* в основном используются в слуховых аппаратах из-за непрерывности их питания. Эти типы батарей берут кислород из воздуха для электрохимической энергии.

Отверстие в батарейке позволяет воздуху поступать снаружи. Они также используются для часов и небольших устройств в речевом процессоре уха.

Серебряные батарейки используются в различных устройствах, слуховых аппаратах, часах и фотоаппаратах. В батареях этого типа катодом является оксид серебра, а анодом - цинк в виде порошка. Гидроксид натрия и гидроксид калия обычно входят в состав щелочных электролитов. Из-за дороговизны серебра оно используется только в небольших батареях.

Щелочные батарейки используются в игрушках, калькуляторах, пультах дистанционного управления и кнопках камеры. Катодом этих батарей является диоксид марганца, а анодом - металлический цинк в виде порошка. При коррозии цинка во всех таких батареях образуется газ. Цинковый электрод подвергается коррозии сразу после использования батареи. Эта коррозия в конечном итоге приводит к электролизу и образованию газообразного водорода. Газообразный водород ограничивает использование батарей. Ртуть предотвращает эту коррозию, поэтому ее добавляют в систему. Ртуть используется для изоляции батареи или анода.

Оксидно-ртутные батареи также изготавливаются из электродной ртути. Ртутные батареи используются в слуховых аппаратах, часах, калькуляторах, электронных камерах и личных электронных устройствах, для которых требуются небольшие батарейки.

В Азербайджане нет производства аккумуляторов. Все типы аккумуляторов импортные. Основываясь на данных об импорте за 2016 год, предполагалось, что половина батарей, содержит ртуть, то есть 200 тонн батареек. Эта цифра была включена в расчеты в качестве предварительных данных. Общий объем ежегодных выбросов ртути от ртутных батарей в окружающую среду составил 53 кг, из которых 13,4 кг было выброшено в воздух, 13,4 кг в почву и 26,7 в общие отходы.

Ртутьсодержащие краски. Известно, что фенилацетат ртути (FCA) и другие комплексы ртути входят в состав добавок к красителям. Эти добавки используются для предотвращения бактериального брожения (биоцидов) в банках с целью увеличения срока хранения, а также для предотвращения попадания грибов (фунгицидов) во влажные места. Неорганические комплексы ртути с низкой растворимостью используются в покрытиях оборудования, используемого в море, для защиты бактерий от морских микроорганизмов.

В Азербайджане производится более 20 марок красок, а также поступают краски из Турции, России, Ирана, Германии и других стран. Примеры этих брендов: Собсан, ФАБ, Вавилон, Бест, Милбер, Полисан, Экол, Палитра, Бетек, Ярко и другие. Годовой расход ртутьсодержащих красок составляет около 50 тонн. Эта цифра включена в расчеты, и результат составляет 130 кг/год для выбросов ртути. Из этого количества 119,6 кг/год выбрасывается в воздух, 6,5 кг/год сбрасывается в воду и 3,9 кг/год уходит в сектор переработки отходов.

Косметика, содержащая ртуть. Хотя использование ртути в современной косметологической промышленности резко сократилось, при производстве некоторых продуктов все еще используется малое количество ртутных консервантов. Эти консерванты важны для нейтрализации некоторых

опасных бактерий в декоративных продуктах, таких как тушь и сурьма, которые в основном используются для глаз и области вокруг глаз. Эти бактерии могут серьезно повредить глаза и даже вызвать слепоту. Содержание ртути в таких продуктах составляет 0,0065%. Ртуть также используется в производстве кремов для отбеливания, осветления кожи и удаления пятен. Согласно исследованию кремов, импортируемых из 32 стран мира (2014 г.), проведенному Американским институтом дерматологии, 33 из 549 кремов, другими словами, 6% имели содержание ртути более 1000 ppm. Ртуть – распространенный ингредиент, который содержится в отбеливающем, осветляющем мыле и кремах для кожи. Мыло и кремы для отбеливания кожи широко используются в некоторых странах Европы, Африки, Азии и в США. Запрещается использование солей ртути при образовании меланина, делающего кожу светлее. В косметике ртуть бывает двух видов: органической и неорганической. Неорганическая ртуть (например, аммонизированная ртуть) используется в мыле, отбеливателях для кожи и кремах. Органические комплексы ртути (тиомерсал [диэтилртуть] и соли фенилртути) используются в качестве консервантов в макияже глаз, туши для ресниц и очищающих средствах. В Азербайджане нет производства косметики, поэтому выбросы ртути из этого источника отсутствуют. Несмотря на наличие в Азербайджане широкой косметической торговли, содержание ртути в косметике обычно не указывается в списке компонентов.

Зубные пломбы

Амальгама, содержащая ртуть, использовалась как самый популярный и эффективный пломбировочный материал в стоматологии на протяжении последних 150 лет. Хотя такой наполнитель называется «серебряный наполнитель», на самом деле 50% его составляет ртуть, а остальное – серебро, олово, медь и т. д. По оценкам, у 1,5 миллиона человек в Азербайджане ртуть находится в зубах. Количество ртути в амальгамной пломбе 0,4 см в каждом зубе составляет 15 мкг. Таким образом, общее количество ртути в зубах 1500000 человек, у которых, как полагают, есть пломба из ртутной амальгамы, составляет 2,25 миллиона микрограммов или 22,5 кг. Из-за отсутствия специальных правил обращения с пломбами из извлеченной и модифицированной ртутной амальгамы, модифицированные амальгамы вывозятся на свалки, а оставшиеся амальгамы в конечном итоге захоронены на кладбищах. Следует отметить, что наполнители из ртутной амальгамы в настоящее время не используются в стоматологии Азербайджана.

Научное и медицинское оборудование

Плотность ртути составляет 13600 кг/м³ намного выше, плотность воды (1000 кг/м³). Поэтому для удобства измерения давления была принята единица измерения мм ртутного столба (мм рт. ст.) Давление 760 мм рт. ст. принято за эталон. Благодаря тому, что насыщенное давление паров ртути очень низкое при комнатной температуре (0,001 мм), ртутные манометры, до сих пор используются в лабораториях для измерения вакуума.

Ртуть используется в исследовательских, промышленных, и учебных лабораториях для следующих целей:

- исследование плотности,
- в качестве консерванта в реагентах, буферах, красках и солевых растворах,
- в атомно-абсорбционном спектрометре (ААС),
- для измерения пористости по методу БЭТ,
- в ртутных манометрах, используемых в аналитическом оборудовании и в вакуумных установках.
- в электрохимии в ртутных электродах (хлорированная ртуть).

По оценкам, ежегодно 49 кг ртути выбрасывается в окружающую среду из манометров и устройств, используемых в этих лабораториях. В случае аварий и поломок ртуть собирается в соответствии с установленными правилами, а отходы утилизируются вместе с бытовыми отходами. Вместе с отходами ежегодно 9,8 кг попадает в воздух, 14,7 кг – в воду, 9,8 кг – в почву, 14,7 кг ртути утилизируется с отходами.

В Азербайджане существует три типа лабораторий: 1) научно-исследовательские, 2) учебные и 3) производственно-нормативные. Учебные лаборатории есть в средних и высших учебных заведениях, где ртуть минимально используется в образовательных целях. Стандарты качества промышленных продуктов в промышленных лабораториях могут использовать ртуть. И, наконец, в контролирующих лабораториях ртутные электроды используются в газоанализаторах с ртутьсодержащим оборудованием.

Оценка выбросов ртути категории химикаты произведена в зависимости от численности населения. Результаты расчетов для лабораторных химикатов показывают, что 98 кг ртути выбрасывается в окружающую среду в год. В общей сложности 32,4 кг сбрасывается в воду, 32,4 кг сбрасывается с отходами, а 33,4 кг ртути утилизируется.

Количество ртути в другом лабораторном и медицинском оборудовании также рассчитывалось на основе численности населения. Согласно этим расчетам, в окружающую среду выбрасывается 392 кг ртути. 129,5 кг сбрасывается в воду, 129,5 кг – в обычные отходы и 133,4 кг утилизируется.

Крематории и кладбища

В Азербайджане с населением 10 млн. человек ежегодно умирает около 55000 человек. Крематория нет, мертвых хоронят только на кладбищах. В стране около 5000 кладбищ. Из них 4300 – в селах, около 100 – в районных центрах, остальные в крупных городах. (В Азербайджане 66 районов, 77 городов, 14 городских округов, 257 поселков, 1719 сельских округов и 4260 сел). Из-за отсутствия крематориев выбросы ртути в стране не рассчитывались, и только 137,5 кг/год ртути было захоронено в телах погибших.

Промышленные отходы, содержащие ртуть

Основными источниками выбросов ртути в воздух, воду и почву в Азербайджане являются нефтегазодобывающие, энергетические и транспортные комплексы в промышленных городах, особенно в Баку и Сумгаите. Чрезмерные выбросы ртути во многих случаях связаны с

использованием устаревшей технологии, остановкой технологических линий в результате аварий, несоблюдением технологии фильтрации для предотвращения загрязнения. Одним из основных источников загрязнения ртутью в Азербайджане был Сумгаитский хлорно-щелочной завод. Эта проблема была самой серьезной экологической проблемой Сумгаита. Загрязнение ртутью было связано с работой двух заводов в Сумгаитской промышленной зоне, которые работали много лет, один из которых был закрыт в 1981 году, а другой несколько лет назад. Если по нормативам потери ртути должны составлять 2 – 3 грамма/т хлора, то на предприятиях Сумгаита этот показатель в разные годы изменялся с 300 г/т до 1 кг /т. Ртутьсодержащие отходы образуются в при испарении, утечки и, в основном, побочных продуктов отстоя. На этих предприятиях ртутьсодержащие отходы сбрасывались в атмосферу, сбрасывались в воду и собирались в основном в виде ила на территории завода. Ежегодный прирост этих отходов составлял 6000–7000 тонн, а в общей сложности 200000 тонн ртутного шлама, содержащего 0,1–0,3% ртути, оставались открытыми в течение длительного времени, представляя опасность для подземных вод и Каспийского моря. Высокий риск образования ртутных отходов в Сумгаите, население которого составляет около 350000 человек, также связан с жарким и полупустынным климатом. В Сумгаите фактор риска для здоровья населения, особенно детской смертности, был выше, чем в других регионах страны. Закономерности распространения ртутных отходов в окружающей среде до конца не изучены. Возможность попадания ртути в пищевую цепочку рыб и человека через них не выяснена. Высокая концентрация ртути в донных отложениях реки Сумгаит, впадающей в Каспийское море, предполагает присутствие метилртути в морских экосистемах, включая рыбу. Поэтому важно контролировать ртутьсодержащие вещества в донных отложениях Каспийского моря и в рыбе, выловленной в море. В 1998 году Всемирный банк выделил средства на проект «Решение неотложных экологических проблем в Азербайджане», и один из компонентов этого проекта был посвящен управлению ртутными отходами в Сумгаите. В начале 2000-х годов недалеко от Сумгаита была создана свалка для изоляции ртути и других опасных отходов от окружающей среды. На этот полигон планируется вывозить все ртутьсодержащие отходы. Однако конструкция полигона не полностью предотвращает выбросы ртути в воздух. Строительство полигона было завершено в 2005 году, и большая часть ртутных отходов была перевезена туда (рис. 3). В ходе очистки и реконструкции территории завода в 2011–2012 годах загрязненный грунт был очищен и захоронен возле Сумгаитского полигона твердых бытовых отходов (размещен на территории). Концентрация ртути в отобранных здесь образцах почвы достигает 70 мг/кг, что выше допустимого предела.

Подготовительные работы заключались в следующем:

- Определение содержания ртути в пробах воды и ила, взятых с территории.
- 700 кубометров загрязненных ртутью бетонных деталей были удалены и очищены от ртути.
- Первоначально очищено от ртути 1800 кубометров почвы.

- 700 кг чистой ртути было удалено из смеси и доставлено на завод.
- На заводе подготовлена площадка для 40 кубометров ртутьсодержащих шламов.
- Объем образующихся опасных отходов на полигоне достигает 2 миллионов кубических метров.



Рис. 3. Полигон опасных отходов, на котором захоронены ртутьсодержащие отходы.

Fig.3. Landfill of hazardous waste, which is buried in mercury-containing waste.

Транспортировка ртутьсодержащих отходов с завода на полигон для опасных отходов снижает риск для Каспийского моря и выбросов, с другой стороны, сам процесс создает определенный риск загрязнения окружающей среды ртутью.

Планируется контролировать процесс очистки территории, на которой изначально находились ртутные отходы. Основными задачами мониторинга являются:

- Определение того, заражает ли ртуть все компоненты окружающей среды;
- Определение влияния ртути на экосистему Каспия и рыбу у берегов Сумгаита.
- Оценка воздействия на окружающую среду при транспортировке отходов с исходного места на полигон;
- Определение влияния ртути на здоровье населения Сумгаита.

Кроме того, в рамках проекта были разработаны ключевые аспекты управления ртутными отходами и полигонами. Таким образом, в настоящее время на «Полигоне опасных отходов» в Сумгаите собираются побочные продукты хлорно-щелочной установки, а в загрязненных почвах присутствует 200000 тонн с содержанием ртутных отходов 0,1 – 0,3%. Если взять среднюю концентрацию ртути 0,2%, получается, что в отходах содержится 400 тонн ртути ($0,002 \cdot 200000 \text{ т} = 400 \text{ т}$).

Следует отметить, что ртутьсодержащие пестициды использовались для защиты растений в сельском хозяйстве Азербайджана в 1970–1980 годах. Гранозан и гексан ртути, используемые для обработки семян, были запрещены 9 ноября 1981 года, а меркурбензол, используемый для защиты растений, был запрещен 21 марта 1986 года. Эти пестициды в настоящее время не используются, а останки захоронены на свалке пестицидов Джанги (рис. 4).

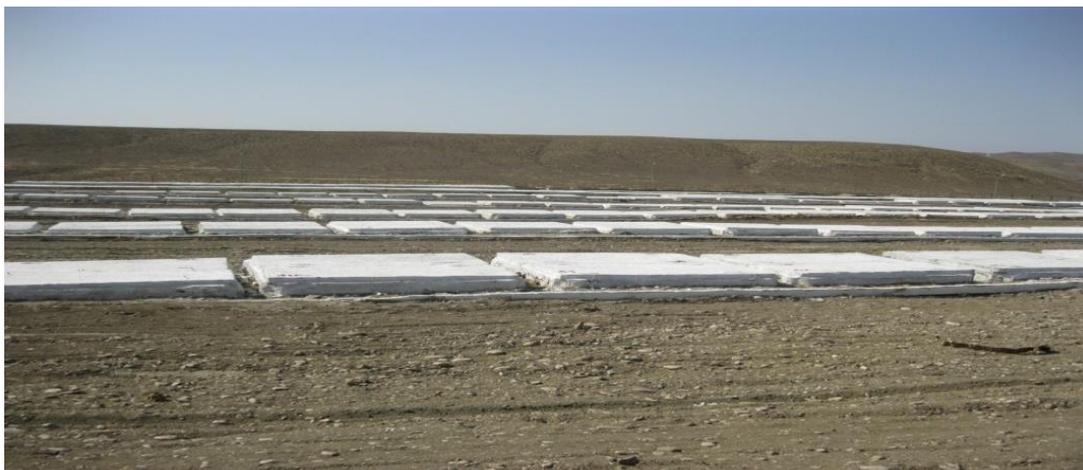


Рис.4. Захоронения на свалке пестицидов Джанги.

Fig.4. Burial in the dump of pesticides Jangi.

Воздействие ртути на здоровье человека и окружающую среду

Все люди подвергаются определенному уровню воздействия ртути. Лица, подвергающиеся воздействию низких уровней ртути, имеют меньше связанных с риском воздействий по сравнению с лицами, подвергающимися воздействию высоких уровней ртути. Например, острые краткосрочные воздействия ртути могут возникнуть в результате аварий на производственных объектах. Чтобы определить, насколько серьезно влияние на здоровье, необходимо учитывать следующие факторы:

1. Тип ртути (Hg или MeHg);
2. Доза воздействия;
3. Возраст человека или стадия развития человека (наиболее чувствителен плод);
4. Продолжительность воздействия, и;
5. Тип воздействия (вдыхание, прием пищи или поражение кожи).

Ртуть часто вызывает дефекты у плода. Воздействие ртути на ребенка проявляется, когда мать ест рыбу и другие морепродукты [6, 7]. Ртуть наносит серьезный вред здоровью развивающегося ребенка, в основном нарушая работу нервной системы. У рыбаков были обнаружены когнитивные нарушения хроническое воздействие (умственная отсталость) в результате употребления ртутьсодержащей рыбы [6, 8]. К сожалению, детальный анализ этих вопросов в Азербайджане до сих пор не проводился. Закономерности распространения ртутных отходов в окружающей среде до конца не изучены. Возможность попадания ртути в пищевую цепь рыб и человека через них не выяснена. Высокая концентрация ртути в донных отложениях реки Сумгаит, впадающей в Каспийское море, предполагает присутствие метилртути в морских экосистемах, включая рыбу. Поэтому важно контролировать ртутьсодержащие вещества в донных отложениях Каспийского моря и в рыбе, выловленной в море.

Металлическая ртуть опасна для центральной и периферической нервной системы. Вдыхание паров ртути может иметь неблагоприятные последствия

для нервной, пищеварительной и иммунной систем, легких и почек и даже может быть смертельным. Неорганические соли ртути оказывают раздражающее действие на кожу, глаза и желудочно-кишечный тракт, а при попадании внутрь могут вызывать отравление почек [6]. Неврологические и поведенческие расстройства могут возникать после вдыхания, приема пищи или воздействия различных комплексов ртути на кожу [9]. Симптомы включают тремор, бессонницу, потерю памяти, нервно-мышечные эффекты, головную боль, когнитивную и двигательную дисфункцию. Признаки незначительного отравления центральной нервной системой могут появиться, когда рабочие подвергаются воздействию элементарной ртути в воздухе в концентрации 20 мкг/м^3 или более в течение нескольких лет. [10].

ИТОГИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ РТУТИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Количество ртути, попадающей в воздух.

Ежегодно в атмосферу в Азербайджане выбрасывается 2258,2 кг ртути. На рисунке 5 представлены результаты расчетов поступления ртути в воздух. Из рисунка видно, что основными источниками являются сжигание твердых отходов, производство ртутьсодержащей продукции и добыча топлива.

Таким образом, необходимо сокращение выбросов ртути в атмосферу в этих секторах для улучшения состояния окружающей среды. После ратификации страной Минаматской конвенции о ртути этим вопросам следует уделять больше внимания.

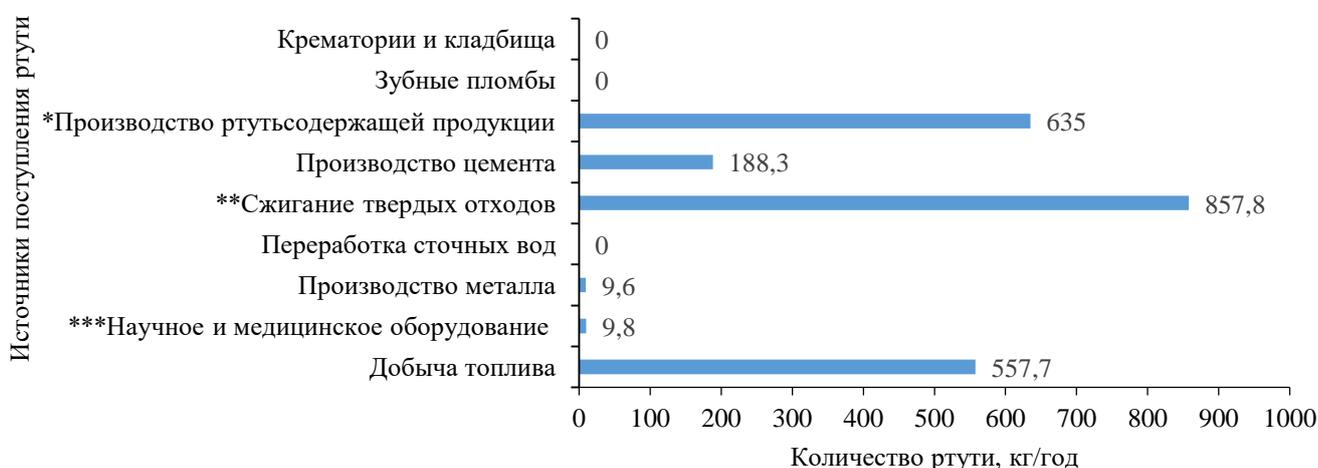


Рис. 5. Результаты расчетов поступления ртути в воздух от различных источников.

(*Сумма поступления ртути от ртутных термометров, реле, электродов, батареек; **Сумма поступления ртути от сжигания твердых отходов на мусорных полигонах, медицинских отходов, открытом сжигании, на контролируемых полигонах, на неконтролируемых полигонах; ***Сумма поступления ртути от манометров, лабораторных химикатов, лабораторного и медицинского оборудования).

Fig. 5. The results of calculations of mercury in the air from various sources. (*Amount of mercury discharges from mercury thermometers, relays, electrodes, batteries; **Amount of mercury input from solid waste incineration at landfills, medical waste, open incineration, at controlled landfills, at uncontrolled landfills; ***Amount of mercury discharges from pressure gauges, laboratory chemicals, laboratory and medical equipment).

Количество ртути, попадающей в воду

Годовой объем сбрасываемой в водоемы ртути в Азербайджане составляет 2360,7 кг. На рисунке 6 представлены результаты расчетов поступления ртути в воду. Из рисунка видно, что основными источниками являются переработка сточных вод, добыча нефти и газа и лабораторное и медицинское оборудование.

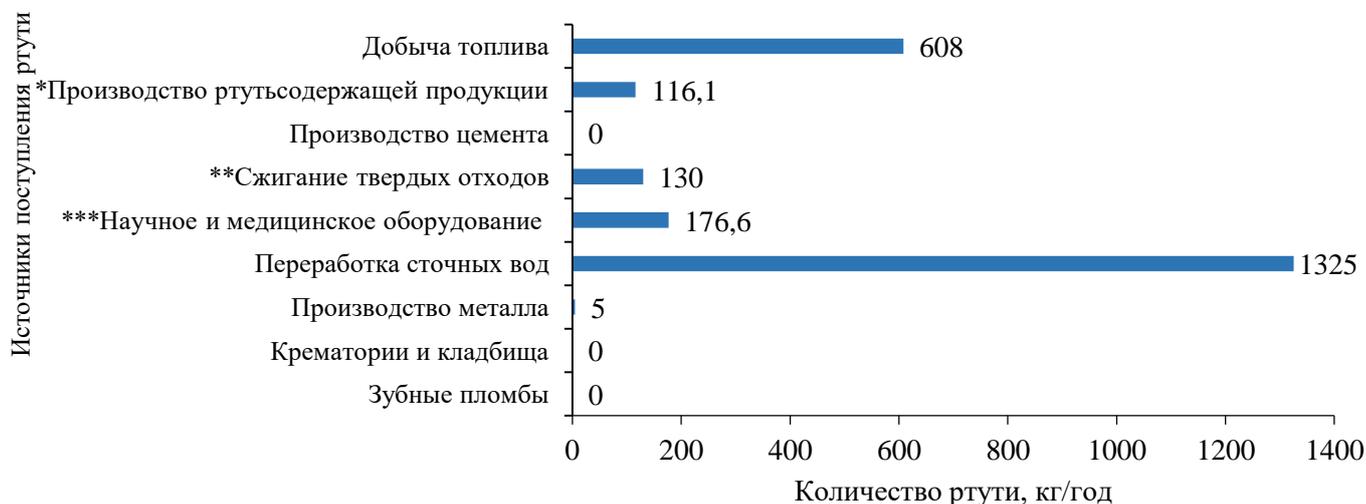


Рис. 6. Результаты расчетов поступления ртути в воду от различных источников.

Fig. 6. Results of calculations of mercury in water from different sources.

В процессе очистки сточных вод в водоемы сбрасывается 2360,7 кг ртути. Поэтому предотвращение сброса ртути в водоносные горизонты, имеющие особое значение для окружающей среды и здоровья человека, должно быть приоритетной экологической проблемой.

Количество ртути, попадающей в почву.

Ежегодно в Азербайджане в почву выбрасывается около 3615,9 кг ртути. На рисунке 7 представлены результаты расчетов поступления ртути в почву. Из рисунка видно, что основными источниками являются сжигание твердых отходов, добыча топлива и переработка сточных вод.



Рис. 7. Результаты расчетов поступления ртути в почву от различных источников.

Fig. 7. The results of calculations of mercury in the soil from various sources.

Следовательно, сокращение выбросов ртути в почву в этих секторах приведет к значительному улучшению состояния окружающей среды. После ратификации Конвенции страной этим вопросам следует уделять больше внимания.

На рисунке 8 представлены данные по вкладам отдельных источников в поступление ртути во все среды: воздух, вода, почва.

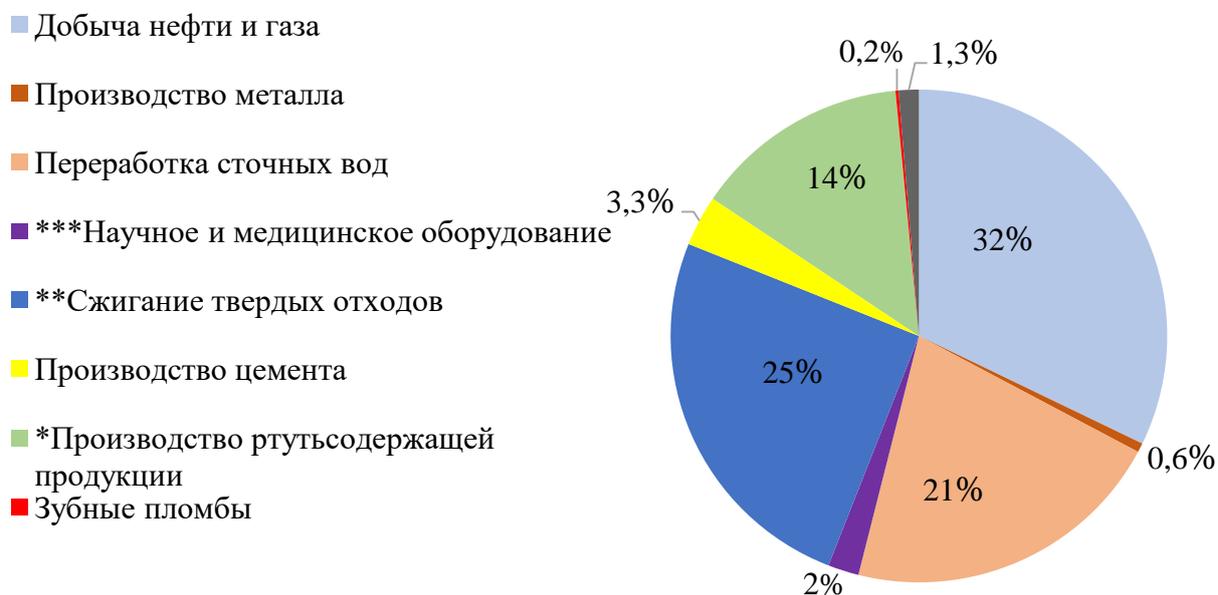


Рис.8. Вклады отдельных источников в поступления ртути во все среды (воздух, вода, почва).

Fig.8. Deposits of mercury sources in all environments (air, water, soil).

Из рисунка видно, что наибольший вклад в поступление ртути в окружающую среду (воздух, вода, почва) вносят добыча топлива, сжигание твердых отходов, переработка сточных вод.

Количество ртути, попадающее в общие отходы

Годовое количество ртути, выбрасываемой в общие отходы в Азербайджане, составляет 1067,6 кг. Эти отходы включают ртутьсодержащую продукцию (560 кг), научное и медицинское оборудование (176,6 кг) и очистку сточных вод (331 кг).

Следует отметить, что на «Полигоне опасных отходов» в Сумгаите захоронено около 400 т ртути, содержащейся в отходах хлорно-щелочного завода.

Загрязненные территории

В рамках Проекта ПРООН по совершенствованию управления твердыми отходами были проанализированы образцы твердых отходов из промышленных городов страны и было определено, что ртутное загрязнение несколько выше допустимого уровня на Сумгайтском полигоне (табл.1). Поэтому в будущем важно провести детальное изучение загрязнения ртутью этих территорий (включая побережье Каспия).

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ РТУТИ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Таблица 1. Концентрация ртути (мг/кг) в пробах почвы, отобранных с полигонов твердых бытовых отходов ряда промышленных городов Азербайджана

Table 1. Concentration of mercury (mg/kg) in soil samples taken from solid landfills of a number of industrial cities of Azerbaijan

| Город | Концентрация ртути в почве, мг/кг | Стандарты, мг/кг | |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| | | Промышленная зона | Жилые районы |
| Шеки | 0,065 | 50 | 2 |
| Гянджа | 0,055 | 50 | 2 |
| Мингячевир | 0,27 | 50 | 2 |
| Ширван | 0,03 | 50 | 2 |
| Сумгаит | 69,27 | 50 | 2 |
| Баку (Балаханы) | 0,63 | 50 | 2 |

В таблице 2 представлены результаты инвентаризации источников поступления ртути в окружающую среду.

Таблица 2. Сводная таблица по результатам расчетов ежегодного поступления ртути в различные среды

Table 2. Summary table of results of calculations of the annual release of mercury in different environments

| Источник поступления | Поступление ртути в различные среды, кг/год | | | Ртуть в общих отходах, кг/год | Итого*, кг/год |
|--|---|--------------|--------------|-------------------------------|----------------|
| | в воздух | в воду | в почву | | |
| Добыча нефти и газа | 557,7 | 608 | 870 | 0 | 3059,7 |
| Производство металла | 9,6 | 5 | 36 | 0 | 54 |
| Переработка сточных вод | 0 | 1325 | 742 | 331 | 2067 |
| Сжигание твердых отходов | 857,8 | 130 | 1040 | 0 | 2420 |
| Производство цемента | 188,3 | 0 | 128,2 | 0 | 316,4 |
| Научное и медицинское оборудование | | | | | |
| Лабораторные химикаты | 0 | 32,4 | 0 | 32,4 | 64,8 |
| Манометры и приборы в лабораториях | 9,8 | 14,7 | 9,8 | 14,7 | 49 |
| Лабораторное и медицинское оборудование, содержащее ртуть | 0 | 129,5 | 0 | 129,5 | 259 |
| Итого: | 9,8 | 176,6 | 9,8 | 176,6 | 196,2 |
| Ртутьсодержащая продукция | | | | | |
| Ртутные термометры | 63,3 | 94,9 | 63,3 | 94,9 | 316,4 |
| Реле и выключатели | 412 | 0 | 549 | 412 | 1373 |
| Лампы | 16,9 | 0 | 16,9 | 22,5 | 56,3 |
| Батарейки | 13,4 | 0 | 13,4 | 26,7 | 53,5 |
| Краски | 119,6 | 6,5 | 0 | 3,9 | 130 |
| Итого: | 625,2 | 101,4 | 642,9 | 560 | 1369,2 |
| Зубные пломбы | 0 | 0 | 0 | 0 | 22,5 |
| Крематории и кладбища | 0 | 0 | 137,5 | 0 | 137,5 |
| Итого: | | | | | 9642,5 |
| Промышленные отходы, содержащие ртуть (Сумгаитский полигон) – 400000 кг | | | | | |

*Без учета ртути в общих отходах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют заключить, что:

1. Контроль в нефтегазовой, нефтехимической, горнодобывающей, энергетической промышленности, производстве цемента, при обогащении полезных ископаемых и управлении отходами должен быть усилен.
2. Использованные ртутные батареи, просроченные люминесцентные лампы, ртутьсодержащие измерительные приборы в научных и медицинских лабораториях и др. должны быть отсортированы, переработаны или утилизированы должным образом и удалены из общих отходов.
3. Необходимо проводить оценку концентраций ртути в импортируемой рыбе.
4. Использование ртутьсодержащих пестицидов необходимо запретить. В настоящее время в стране находится около 8000 тонн пестицидов, которые должны быть срочно безопасно утилизированы.

Ратифицировав Минаматскую конвенцию по ртути, Азербайджан внесет свой вклад в глобальную деятельность по борьбе с выбросами ртути и усилит свою интеграцию в международное право по окружающей среде.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTERESTS:

The authors declare no conflict of interests.

Список литературы

1. https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/minamata_initial_assessment/Azerbaijan-MIA-2018.pdf (дата обращения 15.05.2021)
2. <https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/mercury-inventory-toolkit> (дата обращения 15.05.2021)
3. Oil and Natural Gas Production is Growing in Caspian Sea Region. (2013). U.S. Energy Information Administration, September 11, 2013. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=12911> (дата обращения 15.05.2021)
4. Загрязнение ртутью и Минаматская конвенция - презентация проблемы в SPA IPEN – 2014. https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-booklet-hg-update-v1_6-en-2-web.pdf (дата обращения 17.05.2021)
5. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan <https://www.stat.gov.az/source/trade/?lang=en> (дата обращения 18.05.2021)
6. Azerbaijan Republic Ministry of Health <http://www.sehiyye.gov.az/sanitariya-epidemioloji-xidmet.html> (дата обращения 02.06.2021)
7. Galappaththi, H. K. A. & Suraweera, I. (2020) Risk of Mercury exposure during childhood: a review of Sri Lankan situation *Reviews on Environmental Health*, 35(3), 229–232. <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0024>
8. Budnik, L.T. Casteleyn, L. (2019). Mercury pollution in modern times and its socio-medical consequences. *Science of the Total Environment*, 654, 720–734. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.408>

9. Diez, S.; Barata, C. & Raldua, D. Edited by Prasad, M. N. V. (2008) Exposure to mercury: a critical assessment of adverse ecological and human health effects. From *Trace Elements as Contaminants and Nutrients*, 343–371. Hoboken N. J: John Wiley & Sons, Inc.
<https://doi.org/10.1002/9780470370124.ch15>
10. Отчет Министерства экологии и природных ресурсов Азербайджанской Республики за 2008–2012 годы, Баку: «Зия» (2013, т. 1, стр. 96, т. 2, стр. 235).

References

1. https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/minamata_initial_assessment/Azerbaijan-MIA-2018.pdf (accessed 15.05.2021)
2. <https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/mercury-inventory-toolkit> (accessed 15.05.2021)
3. Oil and Natural Gas Production is Growing in Caspian Sea Region// U.S. Energy Information Administration, September 11, 2013. URL: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=12911> (accessed 15.05.2021)
4. Mercury pollution and Minamata Convention – presentation of the problem in SPA IPEN – 2014. https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-booklet-hg-update-v1_6-en-2-web.pdf (accessed 17.05.2021)
5. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan <https://www.stat.gov.az/source/trade/?lang=en> (accessed 15.05.2021)
6. Azerbaijan Republic Ministry of Health <http://www.sehiyye.gov.az/sanitariya-epidemioloji-xidmet.html> (дата обращения 02.06.2021)
7. Galappaththi, H.K.A. & Suraweera, I. (2020) Risk of Mercury exposure during childhood: a review of Sri Lankan situation *Reviews on Environmental Health*, 35(3), 229–232.
<https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0024>
8. Budnik, L.T. Casteleyn, L. (2019). Mercury pollution in modern times and its socio-medical consequences. *Science of the Total Environment*, 654, 720–734.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.408>
9. Diez, S.; Barata, C. & Raldua, D. Edited by Prasad, M. N. V. (2008) *Exposure to mercury: a critical assessment of adverse ecological and human health effects*. From *Trace Elements as Contaminants and Nutrients*, 343–371. Hoboken N. J: John Wiley & Sons, Inc.
<https://doi.org/10.1002/9780470370124.ch15>
10. Report of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Azerbaijan for 2008 –2012, Baku: «Ziya» polygraphy. (2013, vol. 1, p. 96, vol. 2, p. 235). (in Russ.)