

# سرب و جیوه از نظر آلودگی محیط

نوشته

مرتضی حسینیان

مهندس شرکت سهامی سازمان آب منطقه‌ای تهران

## چکیده:

در هوا- خاکی- آب‌خام و تصفیه شده قابل‌شرب مواد شیمیائی مختلفی با خاصیت مسموم‌کنندگی شدید بمقدار جزئی یافت میشوند. این مواد، ممکنست نتیجه آشکار آلودگیهای صنعتی باشد که به‌واسطه راه یافته‌اند و یا از طریق حل شدن لوله‌ها و تأسیسات آبرسانی منشاء گرفته باشد، در سایر موارد وجود عناصر یادشده ممکنست بطور طبیعی باشد.

شیمی‌آب بسیار پیچیده است و شناسائی دقیق آن دشوار است. امروزه ۱۲۰۰۰ ترکیب شیمیائی مختلف که اکثراً خاصیت سمی دارند در اعمال گوناگون صنعتی وارد گردیده و انواع جدیدتر هر ساله در روشهای صنعتی وارد میشود. قسمتی از این ترکیبات همواره از طریق دفع پس‌آبهای صنعتی باعث آلودگی محیط میگردد. متأسفانه از نقش کلی آنها در محیط زندگی و بویژه اثر مداوم مقادیر جزئی آنها در بهداشت همگانی اطلاعات زیادی در دسترس نیست. چون اغلب آلوده‌کننده‌ها بصورت مخلوطی از مواد شیمیائی وارد هوا- آب میشوند و بعلاوه تنوع منابع آلوده‌کننده شاید تعیین هویت ویژه آنها از نظر اثراتشان در محیط زندگی ناشناخته باقی مانده است.

در نوشته زیر سعی شده است دو آلوده‌کننده مهم محیط یعنی سرب و جیوه و اثرات آنها در زندگی انسان بطور مبسوط مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند.

پیش‌گفتار- آلودگی محیط را باید بلائی قرن نامید. متأسفانه با پیشرفت سریع صنایع و تمایل انسان بشهرنشینی و ماشینی شدن زندگی علاوه بر افزایش میزان آلودگی‌های محیط انواع آلوده‌کننده‌ها نیز متنوع‌تر شده‌اند و حتی تا چند سال پیش بعضی از آلوده‌کننده‌ها مثل دترجنتها اصلاً وجود نداشتند، در حالیکه امروز این مواد یکی از مهمترین آلوده‌کننده‌های محیط بشمار می‌آیند.

صنایع زیادی در سرتاسر دنیا پس‌آبهای خود را با محتوی فلزات سنگین و ترکیبات شیمیائی پیچیده بدون تصفیه بداخل جریان آب میریزند. باید توجه داشت که تنها بعلاوه وجود پس‌آب در جریان آبی نمیتوان آن را مضر تشخیص داد زیرا بعضی از عناصر حتی بمیزان کمتر از ۱/۱ میلی‌گرم در لیتر در بعضی آبها بطور طبیعی موجود است. و همین مقدار جزئی

نقش مهمی از نظر سلامتی و بهداشت انسان بعهدہ دارد و اکثراً فاصله بین ایجاد سمومیت و میزان مورد نیاز عناصر محلول در آب بسیار ناچیزست.

آبی که از هر نظر دلخواه بوده و تا حدودی ترکیب شیمیائی آن با استانداردهای جهانی مطابقت داشته باشد و یا بطور خلاصه بی میلی از طرف مصرف کننده نسبت بشرب آن ابراز نگردد یا در طبیعت نیست یا اگر یافت شود بقدری کمست که کفاف احتیاجات اجتماعات کوچک را حتی نمیدهد.

اغلب تصور میشود که اطلاعات مربوط به سمی بودن بعضی عناصر محیطی جزو مطالعات سالهای اخیرست در حالیکه این موضوع دور از حقیقت است زیرا بعنوان مثال گزارش مربوط به بیماری سی نی ماتا (Minimata) در ژاپن که بعلت سمومیت با جیوه باعث مرگ ۴ نفر گردید در سال ۱۹۵۹ انتشار یافت. اثرات این بیماری یا بطور کلی اثر جیوه در بدن انسان از سال ۱۹۵۳ مورد توجه و مطالعه دانشمندان قرار گرفته است. در حقیقت پزشکان و محققین در تمام دنیا از مدت‌ها پیش گزارشاتی در زمینه سمی بودن بعضی عناصر که بمیزان جزئی در آب حل شده‌اند و از طریق پس آبهای صنعتی داخل جریان‌های آب میشوند و حتی بعضی از آنها از طریق آبیاری وارد گیاهان میگردد انتشار داده بودند.

بعداز خاتمه جنگ جهانی دوم که صنایع ژاپن بشدت آسیب دیده بود همگام باتریمیم نیرو و قدرت نظامی احیاء گردید و در بعضی نقاط آن کشور استخراج فلزات پیشرفت زیادی نمود ولی پس آبهای صنایع بخصوص پس آبهای استخراج معادن را بدون تصفیه در رودخانه‌ها تخلیه مینمودند، از جمله رودخانه Zinitsu که در یافت کننده پس آبهای استخراج معادن سرب روی- کادیمیوم بود در پائین دست محل تخلیه پس آب بعنوان آب مصرفی در کشاورزی برنجزارها مورد استفاده قرار میگرفت و گاهی نیز این رودخانه آلوده منبع آب آشامیدنی مردم بود. در مدت کمی که از آبیاری سزارع برنج گذشت بعضی از بوته‌ها از رشد ایستاد، بعدها پزشکان ژاپنی در نزد مصرف کنندگان آب رودخانه بنوعی بیماری استخوان برخوردارند که در اثر آن استخوانها نازک و شکننده میگردد. در سال ۱۹۶۰ B.A. Yashi استخوان و بافتهای افراد مبتلا به بیماری فوق را مورد مطالعه و آزمایش قرار داد و در استخوان آنها بغلظت سهمی از سرب و روی- کادیمیوم برخوردار بود. این شخص اثرات آب آلوده رودخانه را بر روی خاک و گیاهان بررسی و دریافت که مقداری از فلزات فوق جذب برنج شده‌اند و در نتیجه مصرف برنجهای آلوده نیز افراد زیادی به بیماری استخوان مبتلا گردیده‌اند.

هوانیز بنوبه خود کمتر از آب از آلودگی محیط برخوردار نیست و چه بسا اتفاق میافتد که آلودگی هوا مشکلات و خطرات زیادتری تا آلودگی آب بوجود میآورد. بهترین گواه این مسأله آلودگی هوا در منطقه وسیعی از ایالتیادار ماههای اخیرست و این آلودگی بحدی بوده که مجبور شده‌اند تا چندین کیلومتر از محل آلودگی کلیه افراد را کوچ دهند و پیش بینی نموده‌اند که احتمالاً ماهها طول بکشد تا این آلودگی بحدی که برای انسان مضر نباشد تخفیف پیدا کند. مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا گاهی چندین برابر آلودگی آب بوده است بعنوان مثال تنها در سال ۱۹۵۲ فقط در شهر لندن بعلت آلودگی هوا ۴۰۰۰ نفر جان خود را از دست داده‌اند.

#### الف- سرب

پوسته زمین در حدود  $1 \times 10^{-2}$  درصد سرب دارد که بصورت ذخایر معدنی سرب در دل خاک نهفته است. در بدن انسان بطور متوسط ۱۰ تا ۴۰ میلی گرم سرب دیده میشود. در خاک نواحی مزرعی تا ۳۰ گرم سرب در هر کیلوی خاک دیده شده ولی در نواحی معمولی در خاک بین ۸ تا ۲ میلی گرم در کیلو زیادتر نیست. در اکثر آبها مقدار سرب بین ۱ تا ۱ میکروگرم در لیتر اندازه گیری شده و در شهرهایی که برای توزیع آب از لوله‌های سربی استفاده میشود و آب مصرفی سبک بوده و کمی خاصیت اسیدی دارا باشد مقداری از سرب لوله‌های توزیع آب در آب حل خواهد گردید و شاید برای جلوگیری از ورود سرب به بدن مصرف کنندگان آب باعث ممنوعیت مصرف لوله‌های سربی برای توزیع و انتقال آب گردیده است.

مقدار متوسط سرب موجود در غذاها  $2/$  میلی گرم در کیلو تعیین شده و این نتیجه در اثر آزمایش ۳۰۰۰ نوع مواد غذایی در انگلستان بدست آمده است. مقدار سرب در غذاهای گوناگون بترتیب زیر اندازه گیری شده است.

در غلات	۰/۱۷	میلی گرم در کیلو
در گوشت و ماهی	۰/۰۸	»
در سبزیجات ریشه‌ای	۰/۲۰	»
در میوه‌جات	۰/۱۲	»
در سبزیجات سبز	۰/۲۴	»
در شیر	۰/۰۳	»

هوا نیز بنوبه خود بعلت مصرف ترکیباتی چون تترا اتیل و تترا متیل سرب در سوختها بعنوان عامل ضدضربه و ورود قسمتی از این ترکیبات سرب دار از طریق دود اتومبیلها بهوا منبع مهمی از آلودگی سرب محسوب میگردد. سرب اندازه‌گیری شده در جاده‌های با ترافیک سنگین و نقاط صنعتی حدود ۲/۵ تا ۴/۵ میکروگرم در مترمکعب هوا بوده است در حالیکه در نقاط کم ترافیک و دور از واحدهای صنعتی سرب محیط بندرت از ۱/۲ میکروگرم در مترمکعب هوا تجاوز مینماید. در بعضی ساعات روز در شهرهای شلوغ و پرجمعیت میزان سرب گاهی به ۲۴ میکروگرم در مترمکعب هوا میرسد. بین سالهای ۱۹۵۷-۱۹۶۷ سرب موجود در هوای بیشتر شهرهای آم. یکا ۱ تا ۳ میکروگرم در متر مکعب هوا اندازه‌گیری و گزارش گردیده است.

سرب بعلت :

— نقطه ذوب پائین و مصرف در تهیه آلیاژها .

— قدرت چکش‌خواری خوب که در اثر آن براحتی باشکال مختلف در می‌آید.

— مقاومت شیمیائی آن و وزن مخصوص بالا ترش از اغلب فلزات .

در صنعت مورد استعمال زیادی دارد. صنایعی چون باتری سازی- رنگ سازی - صنایع شیمیائی - پلاستیک - سازی از مهمترین مصرف کنندگان سرب و ترکیبات آن هستند.

با اندازه‌گیری سرب در یخهای قطبی که از اعماق مختلف نمونه برداری شده در ۱۹۶۹ معلوم گردیده استکه از زمان انقلاب صنعتی یا ۱۹۴۰ باینطرف میزان سرب موجود در یخها در اثر فعالیتهای شدید صنعتی افزایش یافته است بطوریکه در اکثر یخهای جدید قطبی در حدود ۰/۲ میکروگرم در کیلو سرب دیده شده است.

همانطور که توضیح دادیم تترا اتیل [Pb(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>] و تترا متیل سرب [Pb(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>] همراه با ترکیباتی چون دی کلرور و دی برمور اتیلن که بیشتر برای محافظت موتور بکار میروند [C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Br<sub>2</sub> و C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>] از ترکیبات سربداری هستند که در دود خروجی از اتومبیلها دیده میشوند . میزانی از ترکیبات سرب که از آگروز اتومبیلها خارج میگردد در زمان صفر و ۱۸ ساعت بعد از خروج اندازه‌گیری شده و در جدول زیر نتایج آن دیده میشود.

نوع ترکیب	زمان صفر	بعد از ۱۸ ساعت
PbBrCl	۳۲	۱۲
PbBrCl و ۲PbO	۳۱/۴	۸/۳
PbCl <sub>2</sub>	۱۰/۷	۸/۳
Pb(OH)Cl	۷/۷	۷/۲
PbBr <sub>2</sub>	۵/۵	۰/۵
PbCl <sub>2</sub> و ۲PbO	۵/۲	۵/۶
Pb(OH)Br	۲/۲	۰/۱
PbO <sub>x</sub>	۲/۲	۲۱/۲
PbCO <sub>2</sub>	۱/۲	۱۳/۸
PbBr <sub>2</sub> و ۲PbO	۱/۱	۰/۱
PbCO <sub>3</sub> و ۲PbO	۱	۲۹/۶

ارقام جدول فوق درصد ترکیبات سرب موجود در دود خروجی از اتومبیلها را تعیین نموده است. با توجه بارقام این جدول دیده میشود که کربنات-اکسی کربنات و اکسید سرب از نظر اثر در بهداشت عمومی باید مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

تعیین میزانی از سرب که ممکنست از طریق هوای آلوده جذب بدن گردد کار دشواریست زیرا در این عمل - غلظت سرب تنها عامل تعیین کننده مقدار جذب نیست بلکه عواملی از قبیل اندازه ذرات معلق هوا- مقدار انحلال سرب در این ذرات در میزان جذب دخالت دارند- بعنوان مثال اگر غلظت سرب در هوای آلوده ۲ میکروگرم در مترمکعب باشد و اگر میزان ته نشینی ذرات معلق سریدار از راه تنفس را ۳۰ درصد فرض کنیم مقدار سرب جذب شده در روز ۱۴ میکروگرم خواهد بود. مطالعات Al و Lawter در ۱۹۷۲ ثابت نمود که ذرات سربی که بصورت دود از وسایل نقلیه موتوری خارج میگردد خیلی کوچکتر از اندازه ایستکه تا بحال تصور میشد و احتمالاً این ذرات ریز بر روی رشته ها کربن جمع میشوند و تازه این توده ها باندازه ای ریز هستند (۱۰ میکروم) که در حین تنفس کمتر از ۱۰ درصد آنها در ریه باقی خواهد ماند.

همانطور که گفته شد دود وسایل موتوری را نباید تنها منبع آلودگی هوا دانست بلکه کارخانجات ذوب و تصفیه سرب- کارخانجات شیمیائی- رنگ سازی- پلاستیک سازی نیز از منابعی هستند که میتوانند بعد از سوخت نیز بین مهمترین عامل آلوده کننده محیط با ترکیبات سرب دار باشند.

دو عامل مهم مصرف مشروبات قاچاق که در تهیه آنها از وسایل سربی استفاده شده و کوزه های سفالین لعابدار که در ترکیب لعاب آنها سرب بکار رفته است از نظر بهداشت همگانی زندگی عده زیادی از افراد بشر را تهدید میکنند. در ۱۹۶۹ در حدود ۳ درصد از مشروبات قاچاق در ناحیه Altanta آمریکا محتوی بیش از یک گرم در لیتر سرب بودند و این مقدار ۲ برابر حد مجاز سرب در آبهای آشامیدنیست .

نگهداری موادیکه تا حدودی خاصیت اسیدی دارند مثل آب سیب در ظرف سفالین لعابدار باعث انحلال سرب موجود در لعاب و ورود آن بدن مصرف کننده آب سیب خواهد گردید. در ۱۹۷۰ دو کودک دو ساله بعلت خوردن آب سیبی که در کوزه سفالین نگهداری شده بودند مردند تجربه نشان داده که آب سیب کوزه سفالین بعد از ۳ ساعت ۱۵۷ میلی گرم در لیتر و بعد از ۳ روز حدود ۱۳۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در خود حل خواهد نمود.

مهمترین منبع ورود سرب بدن انسان را باید مصرف مواد غذایی دانست زیرا از این راه روزانه حدود ۳۰ - میکروگرم سرب بدن وارد میگردد در حالیکه مصرف آب میتواند فقط ۲ میکروگرم سرب داخل بدن نماید . در اطفال ۱ تا ۳ سال مقدار سرب ورودی بدن در روز ۱۴ تا ۲۰ میکروگرم بیشتر نیست.

مطالعاتی که در میزان سرب محصولات غذایی بدست آمده نشان میدهد که هرچه فاصله کشت این محصولات از جاده های پررفت و آمد دورتر باشد سرب موجود در آنها کمترست. همانطور که در پیش گفتار این نوشته متذکر شدیم سرب میتواند در غلات و برنج جذب شده و داخل بدن مصرف کننده گردد و این موضوع در کشور ژاپن تا بحال تلفاتی نیز بسیار آورده است. سربیکه ممکنست جذب بعضی محصولات کشاورزی بشود تنها از راه هوا و یا آبیاری مزارع با آبهای آلوده به ترکیبات سرب دار نیست بلکه مصرف سواد دفع آفات نباتی سرب دار عامل مهمی در این زمینه محسوب میگردد.

تجزیه نشان داده که قسمت اعظم ترکیبات سرب دار که ممکنست جذب گیاهان شوند ابتدا روی برگ آنها نشسته و اگر سطح برگها صاف باشد مقدار کمتری سرب روی آن خواهد نشست، البته افقی یا عمودی قرار گرفتن برگها نیز در میزان سربیکه ممکنست روی آنها قرار بگیرد بی اثر نیست. باد که مواد معلق ترکیبات سربی را در هوا پراکنده میکند عامل مهمی دیگری از نشستن سرب بر روی برگ و یا ساقه گیاهانست. در صورتیکه خاک کشاورزی آلوده به املاح سرب شده باشد قسمتی از آن جذب ریشه گیاهان خواهد شد. در هر صورت سرب بهر طریقی جذب گیاهان گردد در مصرف کنندگان این گیاهان در اکثر موارد سمومیت هائی بوجود میآورد.

اصولاً سرب و ترکیبات آن را میتوان در ردیف موادیکه قسمت مهمی از آنها پس از ورود بدن بصورت تجمعی میماند دانست و تنها شاید ۱۰ تا ۱ درصد سرب ورودی از طریق هضم و جذب قابل دفع باشد. در صورتیکه میزان سرب ورودی بدن خیلی زیاد نباشد میتوان انتظار داشت که ۹۰ درصد آن بعد از هضم و جذب از طریق مدفوع دفع گردد.

گرچه اغلب ارگانهای بدن سرب دارند ولی قسمت اعظم سرب بدن انسان در استخوانها موجود است (۰.۹ تا ۰.۴ درصد) در استخوانها سرب میتواند با کلسیم مبادله شده و ناراحتی استخوان تولید نماید. از طرفی سرب موجود در استخوان در مواقع تب میتواند بسایر اعضای بدن انتقال یافته و در این اعضا سمومیت بوجود آورد. خون در حدود یک درصد سرب دارد. غلظت سرب خون بستگی به استنشاق جدید هوای آلوده به سرب دارد آزاد شدن سرب از استخوانها داشته امقداران بین ۱ تا ۳ میکروگرم در ۱۰۰ گرم خون اندازه گیری گردیده است. اگر مقدار سرب خون از ۴ میکروگرم در ۱۰۰ گرم تجاوز نماید نشانه اینستکه سایر اعضای بدن با عدم جذب سرب مواجه شده اند. معمولا میزان سرب خون زنان کمتر از مردان و افراد مبتلا به کشیدن سیگار بیشتر از سایر افراد است. **Vovk و Al** در ۱۹۶۵ تأیید کردند که میزان سرب در خون روستائیان بر مراتب کمتر از شهرنشینان میباشد. با وجودیکه در بزرگسالان آثار سمومیت سرب تا ۸ میکروگرم در ۱۰۰ گرم دیده نشده ولی گاهی مقادیر خیلی کم سرب سماعتی در فعالیت آنزیمهای مولد هموگلوبین مینمایند. **Al - Nakao و Nikkanen** در ۱۹۷۰- نشان دادند که غلظتی از سرب مابین ۳ تا ۴ میکروگرم در ۱۰۰ گرم خون مانع فعالیت آنزیمهای مولد هموگلوبین خواهد گردید.

در بعضی نواحی صنعتی نیویورک و شیکاگو ۲۰ درصد اطفال در خون خود تا ۴ میکروگرم در ۱۰۰ گرم سرب دارند. مصرف و دستکاری رنگهای سربدار شاید مهمترین عامل ورود سرب به بدن این اطفال میباشد. مطالعات انجام شده در انگلستان نشان میدهد که ۱۰ درصد اطفال که تا شعاع ۱۰۰ تا ۴ متری مراکز صنایع سرب زندگی میکنند خونی با ۴ میکروگرم گرم در ۱۰۰ گرم سرب داشته و وقتی فاصله زندگی به ۴۰۰ تا ۵۰ متری مراکز صنعتی سرب میرسد، مقدار یاد شده سرب در بیشتر از ۱۳ درصد اطفال دیده نمیشود. اثراتی بر روی اعصاب و کم خونی بعلا و ورود سرب به بدن دیده شده است. ترکیبات سرب در بدن انسان سرطان زا نیستند ولی طبق مطالعات **Kroes** در ۱۹۶۹ این ترکیبات در خرگوش میتوانند تومورهائی در کلیه و کبد بوجود آورند.

چون یکی از مهمترین منابع آلودگی سرب دود اتومبیلهاست و عامل آلودگی ترکیبات آلی سرب که بعنوان ضد - ضربه بکار میرود نباشند در حال حاضر مشغول مطالعه در حذف این ترکیبات از سوخت و وسایل نقلیه و یا جانشین کردن آنها با موادیکه از نظر اقتصادی مصرف آن مقرون بصرفه باشد هستند، برای حل این مشکل باید منتظر آینده بود.

## ۲- جیوه

جیوه و ترکیبات آن از مدتها پیش در موارد مختلف بوسیله انسان مورد استفاده قرار گرفته است. مهمترین - دلایل مورد استعمال ترکیبات جیوه بقرار زیر هستند:

- ۱- نقطه انجماد پائین تر از کلیه فلزات و حالت بیعیان آن در حرارت معمولی .
- ۲- فراریت زیاد آن نسبت بسایر فلزات.
- ۳- هدایت الکتریکی زیاد که باعث مصرف آن در وسایل الکتریکی شده است .
- ۴- انحلال اکثر فلزات در جیوه بصورت ملقمه .

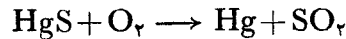
جیوه مانند اغلب ترکیبات درخاک - هوا- آب و ارگانسیمهای زنده بصورت ترکیب پیچیده ای از حالت فیزیکی و شیمیائی و بیولوژیکی دیده میشود. مقادیری از جیوه که در محیط اندازه گیری شده بقرار زیر است :

محل اندازه گیری	مقدار جیوه بحسب قسمت در میلیون
سنگها	۰ تا ۱۱ ر.
خاک	۰ ر.
هوا :	
نزدیک معادن جیوه	۰/۰۰۰۰۹
نزدیک معادن مس	۰/۰۰۰۰۴
در نواحی غیر معدنی	۰/۰۰۰۰۱

آب رودخانه ها:

کمتر از ۰.۰۰۱ /	در ۶۵ درصد نمونه ها
بیشتر از ۰.۰۰۱ /	در ۱ درصد نمونه ها
بیشتر از ۰.۰۰۵ /	در ۳ درصد نمونه ها

تقریباً قسمت اعظم جیوه از سنگ معدنی سولفور آن طبق رابطه زیر استخراج میگردد:



صنایعی چون الکترولیز نمک برای تهیه گاز کلر- تهیه بعضی دفع آفات کشاورزی- کاغذسازی- مصرف بعنوان کاتالیزت مصرف در لوازم الکتریکی و بسیاری صنایع دیگر از مصرف کنندگان جیوه بشمار میروند. فنیل استات جیوه که احتمالاً - مصرف سالیانه اش ۲۵۰۰۰ کیلو باشد مهمترین ماده ضدآفات جیوه دارست که برای جلوگیری از رشد کپک خمیر کاغذ مصرف میگردد. ترکیباتی از جیوه چون متیل مرکوری نیتریل ( $\text{CH}_3 - \text{Hg} - \text{C} \equiv \text{N}$ ) - متیل مرکوری سیانیدی آمید ( $\text{CH}_3 - \text{Hg} - \text{NH} - \text{CNH} - \text{NHCN}$ ) متیل مرکوری استات ( $\text{CH}_3 - \text{Hg} - \text{COOCH}_3$ ) و اتیل مرکوری کلراید ( $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{Hg} - \text{Cl}$ ) در کشاورزی مورد استعمال زیادی دارند. اکثر ترکیبات معدنی جیوه که ممکنست در گل ولای موجود در آنها ته نشین شده باشند تحت شرایط خاصی تغییر فرم داده و به متیل و دی متیل جیوه تبدیل میشوند. در ۱۹۷۱ Wood ثابت کرد که در پاره ای از این متیلاسیونها آنزیمها دخالت دارند. این ترکیبات آلی جیوه با مصرف بوسیله موجودات آبی ماهی و یا موجوداتی که غذای ماهی هستند و مصرف محصولات دریائی توسط انسان وارد زنجیر غذایی او میگرددند. متیل مرکوری در مقایسه با سایر ترکیبات جیوه سمیت زیادتری داشته و میتواند تا ۳۰۰ برابر غلظت اولیه اش از طریق ماهیها تغلیظ گردد. سالیانه از طریق فرسایش زمین و استخراج معادن بترتیب ۵۰۰۰ و ۴۰۰۰ تن جیوه بدريا ریخته میشود و همان - طور که گفته شد قسمت اعظم این جیوه به کف دریا و داخل گل ولای ولجن موجود در کف دریا گردیده و تحت اثر فعالیت موجودات آبی و یا پاره ای آنزیمها تغییر فرم خواهد داد. میزان جیوه موجود در آب های سطحی دریاها از میکروگرم در لیتر تجاوز نمیکند در آب باران گاهی تا حدود ۰/۵ میکروگرم و در آب های سطحی حدود یک میکروگرم جیوه در لیتر دیده شده است. غلظت جیوه در هوا ناچیزست و از یک میکروگرم در متر مکعب زیادتر گزارش نگردیده است. لجن های حاصل از تصفیه فاضلاب در سوار دیکه پس آب های صنعتی همراه آنها مورد تصفیه قرار گیرند گاهی چنان از جیوه غنی هستند که دیگر نمیتوان از آنها بعنوان بارور کننده زمین در کشاورزی استفاده کرد.

از بین منابعی چون غذا- آب و هوا شاید غذا مهمترین منبع ورود جیوه بدن انسان باشد. مقدار جیوه در غذاهای مختلف متفاوتست و در بعضی انواع برنجهای ژاپنی حتی تا ۲۰۰ - ۱۰۰۰ میکروگرم در کیلو جیوه دیده شده ، تخم مرغهای سوئدی که در ۱۹۶۶ مورد آزمایش قرار گرفتند محتوی ۰/۲ میکروگرم در کیلو جیوه بودند. حداکثر جیوه ورودی بدن از طریق مصرف مواد غذایی در روز ۱۰ میکروگرم گزارش گردیده ولی غذاهائی که در آن از ماهی استفاده شده است میتوانند تا ۳ میکروگرم جیوه در روز وارد بدن کنند. مقدار جیوه موجود در بعضی انواع ماهیها در جداول زیر نشان داده شده است:

قسمت در میلیون وزن ماهی	۱/۴ تا ۳/۵۷	Walleye Pike
»	۰/۸۸	Sucher
»	۰/۶۴	Northern Pike
»	۰/۵۳ - ۰/۸	White Bass
»	۰/۳۲ - ۱/۸	Channel Catfish
»	۰/۲۴ - ۰/۹۶	Coho Salmon
»	۰/۰۸ - ۰/۲۸	Carp

مقداری از جیوه که در ارگانهای مختلف بدن ماهیها تجمع مینماید متفاوتست و این تجمع در مورد ماهی قزل آلا مطابق جدول زیر است

قسمت در میلیون وزن ماهی	۲۲/۸	خون
»	۱۶/۷	کبد
»	۱۷/۳	کلیه
»	۴/۱	غدد جنسی
»	۴	ماهیچه ها

در ۱۹۹۹ تعدادی ماهی را روزی یکساعت در آبیکه با جیوه آلوده شده بود قرار دادند و پس از ۱ روز بدن آنها از نظر وجود جیوه تشریح کردند و نتیجه همانست که در جدول بالا داده شده، تعدادی از این ماهیها را در آب بدون جیوه نگهداری نمودند و مشاهده شد که پس از ۷۰ روز جیوه از کلیه اعضا بجز کبد و کلیه خارج گردیده است و میزان جیوه باقیمانده در این اعضا بترتیب ۱/۸ و ۱۲/۳ قسمت در میلیون اندازه گیری شد. نتیجه دیگری که از تجزیه فوق بدست آمد اینستکه جیوه موجود در بدن ماهیها بیشتر بصورت ترکیبات آلی مخصوصاً استیل مرکوریک است. گرچه جیوه عنصر ضروری برای فعالیت ارگانهای مختلف بدن نیست ولی در بدن موجودات زنده میتواند تغلیظ گردد. این تغلیظ در زنجیر غذایی با مصرف ارگانسیمهای کوچک که در بدن خود جیوه دارند بوسیله ارگانسیمهای بزرگتر انجام گرفته و باز این ارگانسیمهای دومی بوسیله ارگانسیمهای بزرگتری بمصرف رسیده و این عمل ادامه یافته و ارگانسیم نهائی کلیه جیوه را در بدن خود ذخیره مینماید. از اینرو جیوه زیاده همیشه در ارگانسیمها و حیواناتی که در انتهای زنجیر غذایی قرار دارند تجمع مینماید و این انسانست که آخرین مصرف کننده غذاهاست. در دریا عمل فوق با جذب جیوه در سطح بدن دیاتومه ها و مصرف شدن آنها بوسیله ماهیها آغاز میشود، ماهیها میتوانند مقداری از ترکیبات جیوه را نیز از طریق آلات تنفسی خود وارد بدن بنمایند.

میزان جیوه موجود در خون طبق مطالعات سال ۱۹۷۱ Hammond و Berlin بین ۲۰ تا ۶۰ میکروگرم در ۱۰۰ گرم خونست. اگر وزن شخصی ۷۰ کیلو باشد روزانه باید ۳/ تا ۱ میکروگرم جیوه وارد بدنش بشود تا حد جیوه در خون او بمیزان مذکور در بالا باشد. مقدار جذب جیوه بوسیله ارگانسیمهای مختلف بدن متفاوتست و بستگی به نوع ترکیب جیوه دارد مثلاً کلرور استات جیوه موجود در غذای روزانه بیش از ۲ درصد جذب نمیکردد، در حالیکه فذیل مرکوری بین ۵ تا ۸ و متیل مرکوری تا ۹ درصد جذب میشوند. متابولیسم ترکیبات مختلف جیوه در بدن نیز به نوع این ترکیبات بستگی دارد. میزان جیوه که میتواند از حالت معدنی بالی و بالعکس تبدیل گردد عاملی مهم در توزیع و دفع آن از بدن بحساب میآید. بعلت خاصیت غیر قطبی ترکیبات آلی جیوه الکیل مرکوری از غشاء بیولوژیکی عبور نموده و در تمام بدن پخش میگردد. طبق مطالعات Suzuki و Wood در ۱۹۷۱ غلظتی از جیوه که در مغز میتواند سمومیت ایجاد نماید ۲ میکروگرم در هر گرم مغزست عبور جیوه از جداره جنین در این محل سمومیتهای شدید بوجود میآورد.

جیوه میتواند با گروه سولفیدریل وارد فعل وانفعال شود از اینرو تمام ترکیبات آن برای کلیه سلولها خطرناک هستند. مطالعاتی که بر روی گیاهان و بعضی حشرات انجام داده اند تغییرات ژنتیکی در آنها را در اثر ورود جیوه بدنشان مشاهده کرده اند.

در سوئد به حیوانات علف خوار علفهائی را که در زمین های کشاورزی که در آنها برای باروری زمین مبارزه با آفات از حشره کشهای جیوه دار استفاده شده پرورش یافته داده اند و در دانمارک از علفهای معمولی بهمین حیوانات - خورانیده اند. مطالعه روی گوشت بدن ایندو گروه حیوان علف خوار از نظر وجود جیوه مطابق جدول زیر میباشد:

نوع گوشت	قسمت در میلیون جیوه	دانمارک
گوشت خوک	۰/۰۳	۰/۰۰۳
گوشت گاو	۰۰/۱۲	۰/۰۰۳
دنده خوک	۰/۰۱۸	۰/۰۰۴
جگر خوک	۰/۰۶	۰/۰۰۹
جگر گاو	۰/۰۱۶	۰/۰۰۵

اولین گزارش مربوط به بروز سمومیت در اثر جیوه در صنایع ذغال زاپن بعثت مصرف آبهای آلوده به پس آب جیوه دار انتشار یافته اولین اثر سمومیت که صدسه رسیدن بمرکز اعصاب بوده در ۱۹۵۶ مشاهده شده است و علت این سمومیت تافوریه ۱۹۷۱ حدود ۱۲ مورد که ۲۲ سوردش بمرگ منجر شده دیده شده بعثت ورودستیل سرکوری ببدن بوده است. این ترکیب همراه با سایر ترکیبات جیوه که از طریق تخلیه پس آبها برودخانه وارد شده مورد استفاده ماهیها قرار گرفته و افرادی که جیوه تغلیظ شده در بدن ماهی را خورده اند به بیماری مذکور دچار گردیده اند. دریدن بعضی ماهیها حتی تا حدود ۱ میلی گرم در کیلو جیوه تغلیظ شده است. ۲۲ کودک باعیوب دماغی از مادرانیکه مقداری متیل سرکوری از طریق ماهیهای آلوده داخل بدنشان گردیده تولد یافته است و همانطور که قبلاً توضیح دادیم این بیماری دماغی عبور جیوه از جداره جنین و اثر کردن در جنین بوقوع پیوسته است. عین این بیماری در نیکاتای ژاپن در ۱۹۶۵ باعث تولد ۹ کودک گردید که ۴ نفر از آنها بعثت شدت سمومیت سردند.

مهمترین سمومینهای جیوه ای که تا بحال در دنیا اتفاق افتاده بقرار زیر بوده است:

میانای ژاپن	۱۹۵۳-۶۰	۱۱۱ سمومیت شدید
عراق	۱۹۶۱	۳۵ مرده و ۳۲ سمومیت شدید
پاکستان	۱۹۶۳	۴ مرده و ۳ »
گواتمالا	۱۹۶۶	۲۰ » ۴۵ »
نیکاتای ژاپن	۱۹۶۸	۵ » و ۲۵ »
عراق	۱۹۷۱-۷۲	۲۰۰ مرده

طبق گزارش Smart در ۱۹۶۸ سالیانه حدود ۲۰۰ تن حشره کش جیوه دار در دنیا بمصرف میرسد. ترکیبات معدنی و آلی جیوه را برای نگهداری تخم سیب زمینی-گل- دانه های گیاهی خوراکی مثل غلات-برنج- ذرت و غیره بکار میبرند و شاید حشره کشها دومین عامل بزرگ آلودگی محیط بوسیله جیوه باشند . بطور کلی در مورد جیوه و ترکیبات آن و اثر سموم کنندگی آنها در بدن میتوان موارد زیر را باختصار متذکر گردید.

- ۱- تمام ترکیبات جیوه وقتی در مقدار کافی در تماس با بدن باشند سموم کننده هستند.
- ۲- ترکیبات مختلف جیوه از نظر توزیع- دفع- تجمع و توقف در بدن اثرات سمومیت سختی دارند.
- ۳- بعضی تغییرات در بدن یا در محیط در ترکیبات جیوه اتفاق می افتد و اکثراً ترکیبات با سمومیت کمتر به ترکیبات با سمومیت زیاد تبدیل میشوند.
- ۴- تجمع ترکیبات سرب در بدن مانع فعالیت آنزیمهای فعال بدن بعثت درهم رفتن این ترکیبات با ترکیبات گوگردی موجود در آنزیمی خواهد گردید که در اثر آن فعالیت های شیمیائی اعمال حیاتی متوقف خواهد شد، بعلاوه جیوه میتواند از دیواره سلولها- دیواره جنین داخل آنها گردیده و سمومیت های شدید بوجود آورد.
- ۵- اثرات سمی ترکیبات جیوه دائمی است.
- ۶- الکیل سرکوری میتواند در سلولهای مغز نفوذ نموده و به سراز اعصاب آسیب وارد نماید.
- ۷- ترکیبات آلی جیوه حداقل نصف عمر ۷ روز در بدن داشته و با این ترتیب بعثت توقف زیاد حتی میتواند در غلظت کم اثرات شدید داشته باشند .

## منابع

- 1) ENVIRONMENTAL CHEMISTRY by: H. STOKER L. SEAGER 1972
- 2) THE HUMAN ENVIRONMEN by: W. H. O 1972
- 3) LEAU ET SANTE DE 1 homme PAR : P. MILLER 1975