Environ. Water Eng., 2022, 8(2), 538-550 DOI: 10.22034/JEWE.2020.253534.1445

Environment and Water Engineering

Homepage: www.jewe.ir

ISSN: 2476-3683

Review Paper

Health and Environmental Effects of Heavy Metals (Cd, Pb, As)

Seyedmahmoud Mehdinia[1] and Hamidreza Nassehinia[2*]

[1]Assoc. Professor., Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
[2]Assoc. Professor., Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

Article information

Received: October 19, 2020
Revised: December 16, 2020
Accepted: December 19, 2020

Keywords
Cumulative Properties
Environmental Pollutions
Health Effects
Heavy Metals

*Corresponding author:
hrnassehi@semums.ac.ir

Abstract

There is an increasing concern over environmental pollution because, over the course of the recent decades. Among the heavy metals lead, chrome and arsenic are more toxic to humans. Because of heavy metals' toxicity to the environment and humans, they are considered important environmental pollutants. These pollutants due to their non-biodegradable, high toxicity are regarded as custodians of the health of the society. Heavy metals are systemic poisons and by a specific effect on the nerves, carcinogenesis can cause death. These poison by disrupting in the nervous system and interfere with neurotransmitters; the immune system can cause horrible effects on human health. The aim of this study was to determine the health and environmental effects of heavy metals with an emphasis on cadmium, lead, and arsenic. To do this review study, previous research conducted by the authors and a review of texts from other authoritative scientific sources have been used. Due to the destructive and harmful effects of toxic elements of heavy metals on humans and other living organisms, their removal from wastewater is inevitable. For this reason, in order to implement the regulations, it is necessary that before discharging sewage into the environment, their heavy metals treated to the standard limit.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access article distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

There is an increasing concern over environmental pollutions, because, over the course of the recent decades, human activities have led to an increase in environmental pollution. Heavy metals are some of these pollutants. Among the heavy metals lead, chrome and arsenic are more toxic to humans. Arsenic is the 20th most abundant element on the earth, and its mineral forms such as arsenite and arsenate compounds are deadly to the environment and living organisms. Drinking water may be contaminated with arsenic by pesticides, natural mineral sediments, or improper disposal of arsenic chemicals. Sources of lead exposure mainly include industrial processes, food and tobacco, drinking water and domestic sources. Cadmium is the seventh heaviest toxic metal and is a by-product of zinc production that humans or animals may be exposed to during work or the environment. Up-taking of heavy metals from water or food chain may cause various disorders

environment and human, they are considered as important environmental pollutants. These pollutants due to the non-biodegradable, high toxicity, high cumulative effects are regarded custodians of health of the society. Heavy metals are systemic poisons and by specific effect on the nerves, carcinogenesis can cause death. These poison by disrupting in mental and nervous system and interfere with neurotransmitters and effects on cardiovascular, immune system can cause horrible effects on human health. The aim of this study was to determine the health and environmental effects of heavy metals with emphasis on cadmium, lead and arsenic.

Materials and Methods

To do this review study, the results of research conducted in more than 50 articles during the years 2002 to 2022 on health and environmental effects have been used, in which the effects of heavy metals were studied and finally the effects Heavy metals cadmium, lead and arsenic were collected and used in this study. Also, to write this article, library studies and review of texts from other authoritative scientific sources and databases such as Springer, Science direct, John Wiley, Scopus, etc. were used.

Results

Effects of arsenic on health and the environment Arsenic is a protoplastic toxin that affects the sulfhydryl cell group, causing poor respiratory function, cellular enzymes and mitosis. Arsenic poisoning can be acute or chronic, and chronic arsenic poisoning is called arsenosis. Arsenic is a mutagenic and highly toxic element that has been linked to lung, skin, and other cancers. Skin ulcers, anemia, and peripheral nerve problems are signs of arsenic poisoning. Lead is a highly toxic heavy metal that, following its ionic mechanism and oxidative stress, causes toxicity in living cells. Lead accumulates in the brain, liver, kidneys, and over time in bones and teeth. The most critical health effects of lead on humans include developmental neurotoxicity in infants and cardiovascular effects and renal toxicity in adults.

The mechanism of cadmium toxicity is not clearly understood. However, its effects on cells are well known. Cadmium binds to cysteine-rich proteins such as metallothionein, and in the liver, the cysteine-metlothionein complex causes hepatotoxicity and accumulates in kidney tissue, causing renal toxicity. Cadmium can cause mental retardation in children, damage to the kidneys and reproductive system. Cadmium is known to be a carcinogenic element that leads to lung and prostate cancer. Table (1) shows limits of heavy metals in drinking water and its destructive effects on human health according to USEPA.

Table 1 Limits of heavy metals in drinking water and its destructive effects on human health according to USEPA

Metal	Effects	MAC (mg/l)
As	Skin lesions, hypopigmentation, skin cancer	0.01
Cd	Kidney damage, liver, pancreatic discomfort	0.005
Pb	Carcinogenic, decreased nervous system function, weakness in the fingers	0.015

Toxic elements of heavy metals are found in the effluents of various industries such as paper mills, metalworking and plating workshops, mechanical engineering, aircraft manufacturing, metallurgical industries, electronics, battery manufacturing, mining, paper and cardboard, oil refineries and effluents of many other industries. In addition to factors related to industrial resources, traffic factors and the use of fossil fuels are important factors in the entry of toxic elements of heavy metals into the environment. Therefore, in order to implement the regulations of environmental standards, it is necessary to remove their heavy metals before discharging sewage and industrial effluents into the environment. There are several methods for reducing the amount of metal ions in wastewater, each of which has advantages and disadvantages based on simplicity, flexibility, process efficiency, cost, technical problems and maintenance. As a result, easy, efficient, cost-effective and environmentally friendly methods are needed for wastewater treatment.

Membrane separation processes are a reliable technique for separating heavy metals from aqueous solutions, which is confirmed by studies by various researchers in recent years. This method is considered for its ease of implementation, selectivity in metal removal and high efficiency. In this method, water contaminated with heavy metal is exposed to the membrane and separation occurs. Membrane processes are classified as microfiltration, ultrafiltration, nano filtration and reverse osmosis according to the size of their cavities.

Chemical precipitation is the method of choice for the removal of soluble heavy metals and is widely used in industry today due to its ease of operation and low cost. In the ion exchange process, a solution containing heavy metals is usually passed through a column with a resin bed. As the solution passed, metal ions were trapped and removed from the contaminated solution. Due to its high efficiency and ease of application, the adsorption method is one of the most widely used methods for the removal of heavy metals.

The bioremediation process can be used to remove heavy metals from contaminated water. In this process, microorganisms use different mechanisms to survive in metal-contaminated environments. Microorganisms absorb heavy metals as bio absorption or as surface adsorption. Microbial cell walls are composed mainly of polysaccharides, lipids, and proteins that contain carboxylate, hydroxyl, amino, and phosphate functional groups that can bind to many metal ions attached to rocks.

Today, due to the increasing entry of synthetic and hazardous compounds into various types of wastewater has led to an increase in non-treatable pollutants with conventional methods in treatment plants, which is a serious threat to humans and the environment. In order to comply with the regulations of environmental standards, it is necessary that before discharging sewage and industrial effluents into the environment, their heavy metals are treated to the standard.

Conclusion

The main results of this review are as follows:

Heavy metals enter the environment on a large scale from various human sources. The rate of entering these dangerous pollutants into the environment is far beyond the autopurification capacity of nature, therefore, the accumulation of heavy metals in the environment is increasing significantly. The first factor of the effects of metal pollution in an ecosystem is the presence of heavy metals in the living mass of a polluted area. Accumulation of heavy metals in water, air and soil is a very important environmental problem, which are finally transferred to humans through the food chain and cause many diseases and abnormalities in humans.

Acknowledgment

This review study was extracted from reliable scientific sources and is a part of the research project number 418 approved by the Research Council of Semnan University of Medical Sciences, Iran. Therefore, the authors of the article express their appreciation and gratitude to the honorable research vice-chancellor of the university.

Data Availability

The data can be sent by email by the correspounding author upon request.

Conflicts of Interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

DOI: 10.22034/JEWE.2020.253534.1445

دوره ۸، شماره ۲، صفحات: ۵۵۰-۵۳۸

محیط‌زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

ISSN: 2476-3683

مقاله مروری

اثرات بهداشتی و محیط‌زیستی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب و آرسنیک)

سید محمود مهدی‌نیا[۱] و حمیدرضا ناصحی‌نیا[۲*]

[۱]دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

[۲]دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

چکیده

در دهه‌های اخیر در اثر فعالیت‌های بشر نگرانی‌های رو به رشدی در خصوص آلودگی‌های محیط‌زیستی ایجاد شده است. فلزات سنگین ازجمله سرب، کادمیوم و آرسنیک بخشی از آلاینده‌ها بوده که از اهمیت بیش‌تری برخوردارند. فلزات سنگین به خاطر سمیت برای انسان و محیط‌زیست جزو مهم‌ترین آلاینده‌ها به‌شمار می‌روند. این آلاینده‌ها به‌دلیل غیرقابل‌تجزیه-بودن و سمیت زیاد، به‌شدت موردتوجه قرارگرفته‌اند. فلزات سنگین جزو سموم نظام‌مند بوده و با اثر اختصاصی بر روی اعصاب و سرطان‌زایی می‌توانند سبب مرگ شوند. این سموم با ایجاد اختلال در سیستم عصبی بدن و تحت تأثیر قرار دادن انتقال‌دهنده‌های عصبی و اثر روی سیستم ایمنی، اثرات ناگواری را در انسان ایجاد می‌کنند هدف از این پژوهش تعیین اثرات بهداشتی و محیط‌زیستی فلزات سنگین با تأکید بر کادمیوم، سرب و آرسنیک بود. جهت انجام این پژوهش مروری از پژوهش‌های قبلی انجام گرفته توسط نویسندگان و بررسی متون از منابع معتبر علمی استفاده شد. با توجه به اثرات مخرب فلزات سنگین بر روی انسان و سایر موجودات زنده، حذف آن‌ها از پساب‌ها امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به‌همین دلیل در راستای اجرای مقررات، ضروری است که قبل از تخلیه فاضلاب‌ها در محیط‌زیست، فلزات سنگین آن‌ها تا حد استاندارد تصفیه شوند.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۷/۲۸]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۹/۲۶]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۹/۳۰]

واژه‌های کلیدی:

آلودگی‌های محیط‌زیستی

اثرات بهداشتی

فلزات سنگین

خاصیت تجمعی

***نویسنده مسئول:**

hrnassehi@semums.ac.ir

۱- مقدمه

فلزات سنگین فلزاتی هستند که دارای چگالی بالاتر از ۵ g/cm^3 بوده که وجود این عناصر بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط‌زیست باعث بروز مشکلات و عوارض متعددی می‌گردد (Kobya et al. 2005; Monisha et al. 2014). در طی سالیان گذشته توسعه‌های ناپایدار بشری نگرانی‌های رو به رشدی را در خصوص آلودگی‌های محیط‌زیستی ایجاد نموده است (Mehdinia et al. 2011; Moosavi et al. 2005 and Seyyednejad et al. 2011). فلزات سنگین به خاطر سمیت آن‌ها برای انسان و محیط‌زیست جزو مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیستی به‌شمار می‌روند (Nassehinia et al 2016a; Ghaneian et al. 2014). امروزه بحران‌های ناشی از افزایش رو به رشد آلودگی‌های وارده به محیط‌زیست به‌عنوان چالش‌های عمده پیش روی انسان مطرح می‌باشند. توجه به توسعه پایدار به‌گونه‌ای که کم‌ترین آسیب‌های بهداشتی و محیط‌زیستی را به همراه داشته باشد، به‌عنوان راهکاری اجتناب‌ناپذیر فراروی

بشر می‌باشد (Solgi et al. 2009). رشد سریع جمعیت و توسعه مراکز مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی سبب شده است تا انواع آلاینده‌ها و پسماندهای خطرناک جامد، مایع و گاز از منابع شهری، صنعتی و کشاورزی وارد محیط‌زیست شده و تهدیدی جدی برای سلامت انسان و بوم‌سازگان طبیعی به‌شمار آیند (Mehdinia et al. 2013a; Mehdinia et al. 2012; Nassehinia et al 2016b).

رشد سریع صنعت و صنعتی‌شدن جوامع به‌دلیل توسعه ناپایدار، یعنی توسعه‌ای که سلامت و بهداشت انسان و محیط‌زیست محور اصلی توسعه قرار نگرفته است، باعث افزایش روبه رشد انواع آلاینده‌ها به منابع آب، خاک، هوا و زنجیره غذایی شده‌اند. دسته‌ای خطرناک از آلاینده‌های جوامع مدرن امروزی عناصر سمی فلزات سنگین می‌باشند که به‌شدت موردتوجه مهندسین و پژوهش‌گران علوم بهداشتی و محیط‌زیستی می‌باشند. آرسنیک یکی از مهم‌ترین فلزات سنگین است که باعث ایجاد نگرانی ازنظر بهداشت محیط‌زیستی و فردی شده است. این عنصر دارای خاصیت نیمه‌فلزی بوده و بسیار سمی و سرطان‌زا است و به‌صورت اکسید یا سولفید یا به‌عنوان نمک آهن، سدیم، کلسیم، مس و غیره به‌طور گسترده در دسترس است. آرسنیک بیستمین عنصر فراوان موجود بر روی زمین است و اشکال معدنی آن مانند آرسنیت و ترکیبات آرسنات برای محیط‌زیست و موجودات زنده کشنده است. آب آشامیدنی ممکن است با استفاده از سموم دفع آفات، رسوبات معدنی طبیعی یا دفع نامناسب مواد شیمیایی زرادخانه آلوده به آرسنیک شود (Monisha et al. 2014). این متالوئید از طریق فعالیت‌های طبیعی مانند هوازدگی و کانی‌سازی پوسته زمین و همچنین فعالیت‌های انسانی از قبیل کاربرد آفت‌کش‌های با پایه آرسنیک، حشره‌کش‌ها، کوددهی با زباله‌های جامد شهری و آبیاری با آب‌های زیرزمینی آلوده وارد بوم‌ساز می‌شود (Nahar et al. 2022).

سرب یک فلز بسیار سمی است که استفاده گسترده از آن باعث آلودگی گسترده محیطی و مشکلات بهداشتی در بسیاری از مناطق جهان شده است. منابع در معرض قرار گرفتن سرب عمدتاً شامل فرآیندهای صنعتی، غذا و استعمال دخانیات، آب آشامیدنی و منابع خانگی است (Monisha et al. 2014). تجمع غلظت سرب در گونه‌های گیاهی غذایی، خطرات مختلفی را برای سلامت انسان به‌همراه دارد و می‌تواند بر عملکرد سیستم ایمنی و تولید مثل تأثیر داشته باشد (De la Peña et al. 2022). کادمیوم هفتمین فلز سنگین سمی می‌باشد و یک محصول جانبی از تولید روی بوده که ممکن است انسان یا حیوانات در هنگام کار یا محیط در معرض آن قرار بگیرند. هنگامی‌که این فلز توسط انسان جذب شود، در طول زندگی در داخل بدن جمع می‌شود. انسان ممکن است در درجه اول از طریق استنشاق و بلع در معرض این فلز قرار بگیرند و از مسمومیت‌های حاد و مزمن رنج ببرند (Monisha et al. 2014). هدف از این پژوهش تعیین اثرات بهداشتی و محیط‌زیستی فلزات سنگین، منابع تولیدکننده آن‌ها و بررسی ضرورت تصفیه فاضلاب‌های حاوی این عناصر سمی و خطرناک قبل از تخلیه به محیط‌زیست با تأکید بر کادمیوم، سرب و آرسنیک بود.

۲- مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش که به‌صورت مروری انجام گرفت از نتایج پژوهش‌های انجام‌شده بیش از ۵۰ مقاله چاپ شده طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ در خصوص اثرات بهداشتی و محیط زیستی استفاده شد. در منابع مورد استناد، اثرات ناشی از فلزات سنگین مورد بررسی و در نهایت اثرات ناشی از فلزات سنگین کادمیوم ، سرب و آرسنیک جمع‌بندی و در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. همچنین جهت نگارش این مقاله از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی متون از سایر مراجع و منابع معتبر علمی و بانک‌های اطلاعاتی معتبر مانند Springer، ScienceDirect، John Whiley و موارد مشابه استفاده شد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- اثرات فلزات سنگین بر انسان و محیط‌زیست

عناصر سمی فلزات سنگین دارای خاصیت تجمعی زیستی هستند. درنتیجه این قابلیت، غلظت آن‌ها در مواد غذایی پرورش‌یافته در محیط‌های آلوده می‌تواند تا چند برابر غلظت آن‌ها در آب و یا خاک افزایش یافته و درنهایت از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل شود (Shahriari 2006). مکانیسم اثر فلزات سنگین، ناشی از تمایل شدید کاتیون‌های این فلزات به واکنش با گوگرد است. کاتیون‌های فلزات سنگین یا مولکول‌هایی که این فلزات را در بردارند از روش‌های مختلف وارد بدن می‌شوند و به‌آسانی با گروه‌های سولفئیدریل (SH-) که در بدن انسان به‌وفور یافت می‌شوند، متصل می‌گردند. پیوند فلز گوگرد حاصل، معمولاً در

آنزیم‌هایی که سرعت واکنش‌های سوخت‌وساز مهم در بدن انسان را کنترل می‌کنند، اثر می‌گذارد. لذا این آنزیم‌ها نمی‌توانند وظیفه عادی خود را انجام دهند و سلامتی انسان به خطر افتاده و گاهی منجر به مرگ می‌شود (Zavvar Mousavi and Arjmandi 2010). فلزات سنگین سم‌های سیستمیک بوده و با اثر اختصاصی بر روی اعصاب، کلیه‌ها، جنین و سرطان‌زایی می‌توانند سبب مرگ‌ومیر شوند. فلزات سنگین با ایجاد اختلال در سیستم ذهنی و عصبی بدن و تحت تأثیر قرار دادن انتقال‌دهنده‌های عصبی و همچنین اثرات قلبی عروقی و اثر روی سیستم ایمنی و تولیدمثل، اثرات مخرب و زیانباری را ایجاد می‌کنند (Shakibaie et al 2009; Malvandi and Hassanzadeh 2018).

فلزات سنگین، به‌واسطه ماهیت غیرقابل‌تجزیه، سمیت زیاد، اثرات تجمعی زیاد و سرطان‌زایی‌شان موردتوجه متولیان بهداشت و سلامت می‌باشند. تخلیه فاضلاب‌های حاوی فلزات سنگین نه‌تنها برای زندگی آبزیان و دیگر موجودات سمی می‌باشد، بلکه آب‌های طبیعی را نیز جهت مصارف آشامیدنی نامناسب می‌سازد. آن‌ها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر گیاه تأثیر منفی می‌گذارند و برخی از اثرات سمی مستقیم ناشی از غلظت زیاد فلز شامل مهار آنزیم‌های سیتوپلاسمی و آسیب به ساختارهای سلولی به‌دلیل استرس اکسیداتیو است. تأثیر منفی فلزات سنگین بر رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک نیز به‌طور غیرمستقیم رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش تعداد میکروارگانیسم‌های مفید خاک به‌دلیل غلظت زیاد فلز ممکن است منجر به کاهش تجزیه مواد آلی شود که منجر به حاصلخیزی کم‌تر خاک شود. فعالیت‌های آنزیمی برای متابولیسم گیاه بسیار مفید است، که به دلیل تداخل فلزات سنگین در فعالیت‌های میکروارگانیسم‌های خاک مختل می‌شود. این اثرات سمی (چه مستقیم و چه غیرمستقیم) منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود که درنهایت منجر به مرگ گیاه می‌شود فلزاتی مانند Pb، Cd و As که هیچ نقشی مفید در رشد گیاه ندارند، عوارض جانبی در غلظت‌های بسیار کم این فلزات در محیط رشد ثبت شده است (Asati et al. 2016). مقدار زیاد سرب و Cd در خاک باعث کاهش جذب مواد معدنی و ریزمغذی‌ها توسط گیاهان می‌شود، در تعادل آب گیاه تداخل ایجاد می‌کند و از باز شدن روزنه جلوگیری می‌کند. این تنش‌ها به دلیل تخریب ساختار فرعی کلروپلاست و بیوسنتز رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مانع از تبادل گاز و جداسازی قطعات تیلاکوئیدها می‌شود (Yang et al. 2020).

فلزات سنگین در مقادیر جزئی بسیار پایدار و سمی هستند و می‌تواند به‌طور بالقوه استرس اکسیداتیو شدیدی را در موجودات آبزی ایجاد کند (Singh and Kalamdhad 2011). تجمع تدریجی و برگشت‌ناپذیر فلزات سنگین در اندام‌های مختلف موجودات دریایی به دلیل سمیت در طولانی‌مدت منجر به بیماری‌های مرتبط با فلز می‌شود، درنتیجه موجودات آبزی و موجودات دیگر را به خطر می‌اندازد. ماهی‌ها به‌عنوان یکی از موجودات اصلی آبزی در زنجیره غذایی ممکن است اغلب مقادیر زیادی فلزات خاص را جمع کنند. انتقال فلزات در ماهی از طریق خون انجام می‌شود جایی که یون‌ها معمولاً به پروتئین‌ها متصل می‌شوند. پس از جذب آلاینده‌ها، آن‌ها توسط خون یا به یک محل ذخیره (یعنی استخوان) یا به کبد برای تبدیل و ذخیره منتقل می‌شوند. اگر آلاینده‌ها توسط کبد تغییر شکل دهند، ممکن است در آنجا ذخیره شوند یا در صفرا دفع شوند یا برای دفع احتمالی از طریق آب‌شش یا کلیه به خون منتقل شوند یا در چربی، که یک بافت اضافی کبدی است، ذخیره شوند. افزایش غلظت از طریق زنجیره غذایی باعث ماندگاری بیش‌تر مواد سمی نسبت به سایر اجزای طبیعی غذا می‌شود (Joseph et al. 2010; Singh and Kalamdhad 2011).

جدول ۱- حد مجاز فلزات سنگین د ر آب شرب و تأثیرات مخرب آن بر سلامت انسان بر اساس USEPA.

Table 1 Limits of heavy metals in drinking water and its destructive effects on human health according to USEPA

Metal	MAC (mg/l)	Effects
As	0.01	Skin lesions, hypopigmentation, skin cancer
Cd	0.005	Kidney damage, liver damage, pancreatic discomfort
Pb	0.015	Carcinogenic, decrease in nervous system function, weakness in fingers

این فلزات در غلظت‌های بالا برای انسان نیز سمی بوده و سبب بیماری‌هایی مانند دردهای معدی و روده‌ای، صدمات کبدی و کلیوی و کم‌خونی می‌شود (Bina et al. 2002). مقادیر بیش‌ازحد فلزات سنگین در خاک و آب، مسئله مهمی است که می‌تواند تهدیدکننده بوم‌سازگان آبی، کشاورزی و

سلامت عمومی جامعه باشد (Khadem Moghadam Igdelou et al. 2020; Behbudii and Shayesteh 2020). حداکثر غلظت مجاز و اثرات و عوارض مهم فلزات سنگین خطرناک بر سلامتی انسان در جدول (۱) نشان داده شده است(Behbudii and Shayesteh 2020).

۳-۱-۱- اثرات آرسنیک

آرسنیک یک سم پروتوپلاستیک بوده و بر روی گروه سلول‌های سولفیدریل تأثیر می‌گذارد و باعث عملکرد نامناسب تنفس سلولی، آنزیم‌های سلولی و میتوز می‌شود. سمیت آرسنیک می‌تواند حاد یا مزمن باشد و مسمومیت مزمن آرسنیک به‌عنوان آرسنیوزیس نامیده می‌شود. رنگ‌دانه و کراتوز، ضایعات پوستی خاصی هستند که نشانگر سمیت مزمن آرسنیک هستند. سطح پایین‌تر قرار گرفتن در معرض آرسنیک می‌تواند حالت تهوع و استفراغ، کاهش تولید گلبول‌های قرمز، ضربان قلب غیرطبیعی، احساس خارش در دست‌ها و پاها و آسیب به رگ‌های خونی ایجاد کند. قرار گرفتن در معرض طولانی‌مدت می‌تواند منجر به تشکیل ضایعات پوستی، سرطان‌های داخلی، مشکلات عصبی، بیماری ریوی، بیماری عروق محیطی، فشارخون بالا و بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت شیرین شود (Monisha et al. 2014; Baghaie and Fereydoni 2019). آرسنیک، عنصری جهش‌زا و بسیار سمی است که با سرطان‌های ریه و پوست و غیره، در ارتباط است. زخم‌های پوستی، کم‌خونی و مشکلات اعصاب محیطی نشانه‌هایی از مسمومیت با آرسنیک هستند (Berg et al. 2002). قرار گرفتن در معرض آرسنیک باعث تغییرات دژنراتیو، التهابی و نئوپلاستیک در پوست، سیستم تنفسی، خون، سیستم لنفاوی، سیستم عصبی و دستگاه تناسلی می‌شود(Prakash and Verma 2021).

۳-۱-۲- اثرات سرب

سرب یکی از فلزات سنگین بشدت سمی است و با پیروی از مکانیسم یونی و استرس اکسیداتیو باعث سمیت در سلول‌های زنده می‌شود. پژوهش نشان داده است که استرس اکسیداتیو ناشی از این فلز در سلول‌های زنده به دلیل عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد و تولید آنتی‌اکسیدان‌ها برای سم‌زدایی از واسطه‌های واکنش‌پذیر یا ترمیم آسیب ناشی از آن است. مکانیسم یونی مسمومیت با سرب عمدتاً به دلیل توانایی یون‌های فلز سرب در جایگزینی سایر کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند Ca^{2+}، Mg^{2+} و Fe^{2+} کاتیون‌های یک ظرفیتی مانند Na^{+} است که درنهایت متابولیسم بیولوژیکی سلول را مختل می‌کند (Monisha et al 2014). سرب در مغز، کبد، کلیه و به‌مرور زمان در استخوان‌ها و دندان‌ها تجمع می‌یابد. از بحرانی‌ترین اثرات سلامتی سرب بر انسان می‌توان سمیت عصبی رشدی در نوزادان و اثرات قلبی عروقی و سمیت کلیوی در بزرگسالان را نام برد (Gundacker et al 2021). مطالعات به نحوی نقش سرب را در تغییر سطوح چربی‌ها و نفوذپذیری عروق مغز و یا حتی فشار خون مطرح می‌کند. سرب عاملی است که منجر به تغییرات نفوذپذیری مویرگ‌های مغزی می‌شود. شاید مکانیسم عمل آن از طریق تبادل و جایگزینی سرب و یون کلسیم باشد. از طرف دیگر، ممکن است تغییرات نفوذپذیری عروق مغز به‌وسیله سرب از طریق تغییر ترکیبات لیپید در غشاء باشد (Struzynska et al. 1997). سرب از نظر ریخت‌شناسی ظاهر سلول را در ناحیه آسیب دیده تغییر می‌دهد و حتی جلوگیری از مراحل ترمیم آندوتلیال آسیب دیده، جزئی از اثر سرب است (Fujiwara et al. 1997). سرب در غلظت‌های بالا، ممکن است باعث بروز اثرات زیست-شیمیایی سمی در انسان، ایجاد مشکل در ساخته شدن هموگلوبین، آسیب به کلیه‌ها، معده و روده، مفاصل، سیستم تولیدمثل، سیستم عصبی و هم‌چنین کند ذهنی شود (Shekoohiyan et al. 2012).

۳-۱-۳- اثرات کادمیوم

مکانیسم سمیت کادمیوم به‌وضوح مشخص نشده است. اما اثرات آن بر سلول‌ها مشخص است. کادمیوم به پروتئین غنی از سیستئین مانند متالوتیونئین متصل می‌شود و در کبد، کمپلکس سیستئین- متلوتیونئین باعث سمیت کبدی می‌شود و در بافت کلیه تجمع یافته و باعث مسمومیت کلیوی می‌شود. کادمیوم توانایی اتصال با سیستئین، لیگاندهای گلوتامات، هیستیدین و آسپارتات را داشته و می‌تواند منجر به کمبود آهن شود. کادمیوم و روی حالت اکسیداسیون یکسانی دارند. ازاین‌رو کادمیوم می‌تواند جایگزین روی موجود در متالوتیونئین شود و از این طریق از فعالیت آن به‌عنوان پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد در سلول جلوگیری می‌کند (Monisha et al. 2014). کادمیوم ممکن است در انسان و حیوانات باعث به‌وجودآمدن استخوان‌های

معیوب (آستئامالاسیا و آستئاپروسیا) شود. در مطالعه‌ای در کشور چین نحوه توزیع و خطرات محیط‌زیستی آب و رسوبات دریاچه Dalinouer بررسی شد .نتایج نشان دادند که فلز کادمیوم بیش‌ترین خطر پتانسیل زیستی Cd در بین فلزات سنگین را دارا می باشد (Dekun et al. 2013). کادمیوم می‌تواند سبب کاهش رشد ذهنی در کودکان، آسیب به کلیه‌ها و سیستم تولیدمثل شود. کادمیوم، به‌عنوان یک عنصر سرطانزا که منجر به سرطان ریه و پروستات می‌شود، شناخته شده است (Shekoohiyan et al. 2012).

۳-۲- منابع ورود آلاینده‌های فلزات سنگین به محیط

منابع مختلف فلزات سنگین شامل فرسایش خاک، هوازدگی طبیعی پوسته زمین، استخراج معادن، پساب‌های صنعتی، رواناب شهری، تخلیه فاضلاب، عوامل کنترل حشرات یا بیماری‌ها در محصولات و بسیاری از منابع دیگر می‌باشد (Monisha et al. 2014). مقادیر فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در محیط، در آب شیرین و دریا نشان می‌دهد که غلظت این فلزات در مناطقی مانند قطب جنوب که در فاصله نسبتاً زیادی از تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست قرارگرفته، به مقدار قابل‌توجهی کم‌تر از مناطق صنعتی است (Ashrafi et al. 2008). سرب و کادمیوم جزء فراوان‌ترین فلزات سنگینی هستند که در فاضلاب‌های صنایع مختلف یافت می‌شوند (Amini et al. 2008). عناصر سمی فلزات سنگین در فاضلاب‌های صنایع مختلف مانند کارخانه‌های کاغذسازی، کارگاه‌های فلزکاری و آبکاری، ماشین‌سازی، هواپیماسازی، صنایع متالوژیکی، صنایع الکترونیک، باتری‌سازی، معادن، کاغذ و مقواسازی، پالایشگاه‌های نفت و پساب‌های بسیاری از صنایع دیگر یافت می‌شوند (Shokouhi et al. 2010). علاوه بر عوامل مربوط به منابع صنعتی, عوامل ترافیکی و استفاده از سوخت‌های فسیلی از عوامل مهم ورود انواع عناصر سمی فلزات سنگین به محیط‌زیست محسوب می‌شوند (Malakotian et al. 2010). تخلیه انواع پساب‌های خانگی و صنعتی، پسماندهای حیوانی، زهکش‌های کشاورزی نیز سهم عمده‌ای در انتشار این آلودگی‌ها دارند (Habibi et al. 2013; Alipurtorab 2011). تخلیه تصفیه نشده انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به منابع آب‌های سطحی باعث آلودگی آن‌ها به آلاینده‌های مختلف ازجمله عناصر سمی فلزات سنگین می‌شود. جدول (۲) غلظت برخی از عناصر فلزات سنگین را برحسب µg/g در رسوبات سواحل حاشیه خلیج‌فارس نشان می‌دهد (Mora et al. 2004).

جدول ۲- غلظت برخی از عناصر فلزات سنگین (µg/g) در رسوبات سواحل کشورهای حاشیه خلیج‌فارس

Table 2 Concentration (µg/g) of some heavy metal elements in coastal sediments of Persian Gulf countries

Region	Heavy Metal			
	Cu	Pb	Ni	Cd
Bahrain	48.3	0.67-0.99	1.82	0.04-0.18
UAE	58.43	0.69-5.58	139	0.02-0.11
Qatar	8.17	0.43-3.88	20.8	0.03-0.09
Bushahr (Iran)	14.54	13.88	50.12	0.76

۳-۳- روش‌های حذف فلزات سنگین

با توجه به اثرات مخرب فلزات سنگین بر روی موجودات زنده، حذف آن‌ها از پساب‌ها ضروری است. به‌همین دلیل در راستای اجرای مقررات استانداردهای محیط‌زیستی، ضروری است که قبل از تخلیه فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی در محیط‌زیست، فلزات سنگین آن‌ها حذف شود (Shokouhi et al. 2010). با توجه به لزوم تصفیه اصولی فاضلاب که در اواخر قرن نوزدهم و بیستم آغاز گردید و هم‌زمان با آن در ایالات‌متحده آمریکا مشکلات بهداشتی به‌وجود آمده از معضلات فاضلاب‌ها، باعث افزایش روزافزون تقاضا برای اعمال روش‌های مؤثرتر و کارآمدتر در کنترل انواع فاضلاب‌ها شد. امروزه اغلب آلاینده‌های موجود در فاضلاب‌ها را می‌توان تصفیه کرد، اما متأسفانه آلاینده‌هایی که با روش‌های متداول، قابل تصفیه نبوده و یا اینکه روش‌های فعلی بازدهی کم‌تری برای حذف این آلاینده‌ها دارد، رو به افزایش است (Shokati Pour Sani et al. 2008). روش‌های مختلفی برای کاهش مقدار یون‌های فلزی از فاضلاب وجود دارد که هرکدام از آن‌ها دارای مزایا و معایبی بر اساس سادگی، انعطاف‌پذیری، مؤثر بودن فرآیندها، قیمت، مشکلات فنی و نگهداری می‌باشند. درنتیجه روش‌های آسان، مؤثر، مقرون‌به‌صرفه و دوستدار محیط‌زیست برای تصفیه فاضلاب‌ها موردنیاز است (Pasha Zanousi et al. 2010).

۳-۳-۱-روش غشایی

فرآیندهای جداسازی توسط غشاء، فن مطمئنی برای جداسازی فلزات سنگین از محلول‌های آبی می‌باشند که مطالعات پژوهشگران مختلف در سال‌های اخیر نیز این مطلب را تأیید می‌نماید (Bouranene et al. 2008). این روش به‌دلیل اجرای راحت، انتخاب‌پذیری در حذف فلزات و بازده بالا موردتوجه می‌باشد. در این روش آب آلوده به فلز سنگین در معرض غشاء قرارگرفته و جداسازی اتفاق می‌افتد. فرآیند غشایی با توجه به‌اندازه حفرات‌شان به‌صورت میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس طبقه‌بندی می‌شوند.

Torkashvand et al. (2016) در پژوهشی نشان دادند که فناوری غشایی نانوفیلتراسیون روش مناسبی برای حذف سرب از پساب‌های صنعتی است و با توجه به اینکه کارایی حذف سرب توسط غشاء نانوفیلتراسیون در فشار ۹ bar بار بیش از ۹۹٪ است کاربری این سیستم به لحاظ مصرف انرژی مقرون به‌صرفه می‌باشد.

۳-۶-۲- ته‌نشینی شیمیایی

ته‌نشینی شیمیایی، روشی انتخابی برای حذف فلزات سنگین محلول است و امروزه در صنایع از این روش به‌دلیل راحتی اجرای عملیات و هزینه پایین به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. رسوب‌های تشکیل‌شده توسط فرآیندهای انعقاد و لخته‌سازی را می‌توان به کمک فرآیندهای ته‌نشینی و درنهایت فیلتراسیون از آب جداسازی نمود. فرآیند انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی در محیطی نسبتاً ساکن و در حوضچه‌های ته‌نشینی انجام می‌شود (El-Ghaffar and Tieama 2017).

۳-۶-۳-تبادل یونی

در فرآیند تبادل یونی، فازهای مایع و جامد در تماس با همدیگر قرار می‌گیرند .در این فرآیند ابتدا محلول با فاز جامد تماس داده می‌شود، سپس تبادل یونی بین فلز سنگین موجود در محلول و فلز لایه نشانی شده روی جامد اتفاق می‌افتد. در این تبادل همواره بار الکتریکی محلول خنثی می‌باشد. در عمل، معمولاً محلول حاوی فلزات سنگین را از یک ستون دارای بستر رزینی عبور می‌دهند. در حین عبور محلول، یون‌های فلزی به دام می‌افتند و از محلول آلوده حذف می‌شوند (El-Ghaffar and Tieama 2017).

۳-۶-۴- جذب سطحی

جذب سطحی، فرآیند جذب اتم‌ها و مولکول‌های موجود د ر یک سیال توسط سطح جامد دور از تعادل است که جامد جهت رسیدن به حالت تعادل تمایل به گرفتن برخی از این یون‌ها را دارد. معمولاً فرآیند جذب سطحی با نیروی واندروالسی آغاز و با نیروی کوتاه‌برد نظیر پیوندهای فلزی و یونی پایان می‌یابد. روش جذب سطحی با توجه به بازده بالا و راحتی اجرا، از پرکاربردترین روش‌ها جهت حذف فلزات سنگین، موردتوجه می‌باشد (Azimi et al. 2017).

۳-۶-۵- فرآیند زیست پالایی

در فرآیند زیست پالایی، از میکروب‌ها جهت سم‌زدایی و تجزیه آلاینده‌های محیط‌زیستی استفاده می‌شود (Delvigne et al. 2017). از این روش می‌توان در حذف فلزات سنگین از آب‌های آلوده استفاده کرد. در این فرآیند میکروارگانیسم‌ها از مکانیسم‌های مختلفی جهت زنده ماندن در محیط‌های آلوده به فلزات استفاده می‌برند. میکروارگانیسم‌ها، فلزات سنگین را به‌صورت جذب زیستی و یا به‌صورت جذب سطحی جذب می‌نمایند. دیواره سلول‌های میکروبی عمدتاً از پلی‌ساکاریدها، لیپیدها و پروتئین‌ها تشکیل شده‌اند که حاوی گروه‌های عاملی کربوکسیلات، هیدروکسیل، آمینه و گروه‌های فسفات می‌باشند که می‌توانند به بسیاری از یون‌های فلزات سنگین متصل گردند . هم‌چنین بسیاری از جلبک‌ها و باکتری‌ها می‌توانند ترشحاتی را تولید کنند که فلزاتی که بسیار سمی هستند را جذب کنند (Tanzadeh et al. 2016). مطالعات مربوط به جذب فلزات سنگین با استفاده از بقایای گیاهی عمدتاً از دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ شروع شد. مطالعات جذب در این دوره عمدتاً در مورداستفاده از بقایای گیاهی خام و زغال آن صورت گرفت. از اواخر دهه ۹۰ میلادی بود که مطالعات جذب با استفاده از بقایای گیاهی شاهد تحول دیگری شد، به‌طوری‌که به‌جای استفاده از روش فعال‌سازی فیزیکی (زغال فعال)، از فعال‌سازی شیمیایی یا اصلاح شیمیایی آن استفاده گردید (Shamohammadi et al. 2008; Sud et al. 2008). از بین جاذب‌ها برای حذف فلزات سنگین، مواد طبیعی به‌دلیل هزینه کم و سهولت تهیه آن‌ها و محصولات جانبی کشاورزی به‌علت دارا بودن گروه‌های عامل از قبیل

هیدروکسیل، کربوکسیل و نیز میل ترکیبی قوی با فلزات سنگین مناسب‌تر می‌باشند. هرچند پیچیدگی این مواد، آن‌ها را در رابطه با اثر شرایط موجود بر مکانیسم پیوند، توانایی و تمایل آن‌ها غیرقابل‌پیش‌بینی می‌کند. درنتیجه، کارایی کاربرد این مواد به درک شیمی فرآیند پیوند فلزات و جاذب‌ها وابسته است (Pasha et al 2010). استفاده از ضایعات کشاورزی اصلاح‌شده در حذف آلاینده‌های محیط‌زیستی مختلف نظیر فلزات سنگین در سال‌های اخیر توسط پژوهشگران متعدد موردمطالعه قرارگرفته و نتایج به‌دست‌آمده امیدوارکننده بوده است (Demirbas et al. 2004; Kafia and Shareef 2011; Mehdinia et al. 2013b and Amouei et al. 2013). در مطالعه‌ای که بر روی حذف کادمیوم و کروم شش ظرفیتی از محیط آبی توسط شلتوک خام و سیلیکای حاصل از آن انجام گرفت، راندمان بالایی از حذف این دو فلز سنگین توسط دو جاذب موردمطالعه گزارش شد. نتایج این مطالعه نشان داد بیش‌ترین راندمان حذف کادمیوم با استفاده از سیلیکای حاصل از شلتوک برنج لایه نشانی شده با تیتانیوم دی‌اکسید به مقدار ۸۹/۶۵٪ در غلظت ۱ mg/l کادمیوم بود (Mehdinia et al. 2014a; Mehdinia et al. 2014b).

۴-نتیجه‌گیری

اهم نتایج مطالعه مروری حاضر به‌شرح زیر می‌باشد:

۱- فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع مختلف انسانی وارد محیط‌زیست می‌شوند. میزان ورود این آلاینده‌های خطرناک به محیط، بسیار فراتر از ظرفیت خودپالایی طبیعت می‌باشد، ازاین‌رو تجمع فلزات سنگین در محیط‌زیست به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در حال افزایش می‌باشد.

۲- اولین عامل اثرات آلودگی فلزات در یک بوم‌ساز، وجود فلزات سنگین در توده زنده یک منطقه آلوده است. تجمع فلزات سنگین در آب، هوا و خاک، یک مشکل محیط‌زیستی بسیار مهم می‌باشد که درنهایت از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می‌شوند و باعث بروز بیماری‌ها و ناهنجاری‌های زیادی در انسان می‌گردند.

۳- با توجه به اثرات مخرب و زیان‌بار عناصر سمی فلزات سنگین بر روی انسان و سایر موجودات زنده، حذف آن‌ها از پساب‌ها امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد،

۴- در راستای اجرای مقررات استانداردهای محیط‌زیستی، ضروری است که قبل از تخلیه فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی در محیط‌زیست، فلزات سنگین آن‌ها تا حد استاندارد تصفیه شوند

سپاسگزاری

این مطالعه مروری برگرفته از منابع معتبر علمی و بخشی از طرح پژوهشی شماره ۴۱۸ مصوب شورای پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سمنان می‌باشد، لذا نویسندگان مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تقدیر و سپاسگزاری به‌عمل می‌آورند.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها و منابع استفاده شده در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Alipurtorab, S. (2011). Removal of cadmium from agricultural wastes sugarcane bagasse. Iran. J. Chem. Eng., 29(2), 57-66 [In Persian].

Amini, M., Younesi, A. H., Gorbani, F. and Dneshi, A. (2008). Biological removal of lead, cadmium and nickel metal ions using the fungus, *Aspergillus Niger r*. J. Mar. Sci. Tech., 6 (3, 4), 9-2. [In Persian].

Amouei, A. I., Amooey, A.A. and Asghazadeh, F. (2013). Cadmium re moval from aqueous solution by canola residues: Adsorption equilibrium and kinetics. Iran. J. Chem Eng., 10(3), 39-50.

Asati, A., Pichhode, M. and Nikhil, K. (2016). Effect of heavy metals on plants: an overview. Int. J. Agri. Innov. Eng. Manage., 5(3), 56-66.

Ashrafi, F., Babanezhad, S. M., Bayani, M. J. and Nourozi, M. (2008). Mineral zeolite to help remove heavy metals from solution. Peyk Nrrr Ollom., 2(1), 94-102 [In Persian].

Azimi, A., Azari, A., Rezakazemi, M. and Ansarpour, M. (2017). Removal of heavy

metals from industrial waste waters: a review. Chem. Bio. Eng. Rev.., 4(1), 37-59.

Baghaie, A. H. and Fereydoni, M. (2019). The potential risk of heavy metals on human health due to the daily consumption of vegetables. Environ. Health. Eng. Manag., 6(1), 11–16

Behbudi, G.and Shayesteh, K. (2020). Heavy Metal Removal Methods from Water and Wastewater: A Review Study. J. Environ. Health Res., 6(2), 145-160 [In Persian].

Berg, M. Tran, H. C., Nguyen, T. C., Pham, H. V., Schertenleib, R and Giger, W. (2001). Arsenic contamina on of groundwater and drinking water in Viet nam: a human health threat. J. Environ. Sci. Technol., 35(13), 2621-2626. DOI:10.1021/es010027y

Bina, B., Abtahi Mohasel, M. and Vahid Dastjerdi, M. (2002). The use of sawdust in the remove of heavy metals from industrial wastewater. J. Res. Med. Sci., 8(3), 19-22. [In Persian].

Bouranene. S., Fievet. P., Szymczyk. A., Samar. H-M. E..and Vidonne, A. (2008). Influence of operation conditions on the rejection of cobalt and lead ions in aqueous solutions by a Nanofiltration polyamide membrane. J. Mater. Sci., 325(1), 150-157.

De la Peña, E., Seoane, J. M. and Carranza, J. (2022). The Impact of Pb from Ammunition on the Vegetation of a Bird Shooting Range. Sustaina., 14(5), 3124. Doi: 10. 3390/su14053124

Dekun, H., Jiang, H., Chang, w., Limin, R., Qingyun, F., Jinghua, W.and Zhilei, X .(2013). Distribution characterizes and potential ecological risk assessment t of heavy metals (Cu,Pb,Zn,Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer,China . Ecotoxicol. Environ. Saf. 93: 135–144. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2013.03.012

Delvigne, F., Takors, R., Mudde, R. Gulik, W. V. and Noorman, H. (2017). Bioprocess scaleup/ down as integrative enabling technology: from fluid mechanics to systems biology and beyond. Microb. Biotechnol., 10(5), 1267-1274.

Demirbas, E., Kobya, M., Elif Senturk, E. and Ozkan, T. (2004). Adsorption kinetics for the removal of chromium (VI) from aqueous solutions on the activated carbons prepared from agricultural wastes. Water. S. A, 30(4),533-40. DOI: 10.4314/wsa.v30i4.5106

El-Ghaffar, M. A. and Tieama, H. A. (2017). A review of membranes classifications, configurations, surface modifications, characteristics and its applications in water purification. Chem. Bio.Eng., 2(2), 57-82.

Fujiwara, Y., Kaji, T., Sakamota, M. and Kozuka, H. (1997). Inhibitory of lead on the repair of wounded monolayers of cultured endothelial cells. Toxicol., 117(2-3), 193-198.

Ghaneian, M. T., Jamshidi, B., Amrollahi, M. and Dehvari, M. (2014). Application of biosorption process by pomegranate seed powder in the removal of hexavalent chromium from aquatic environment. Koomesh., 15(2), 206-211 [In Persian].

Gundacker, C., Forsthuber, M., Szigeti T., Kakucs R., Mustieles, V., Fernandez, M., Bengtsen, E., Vogel, U., Hougaard, K. S. and Thoustrup, Saber, A. (2021). Lead (Pb) and neurodevelopment: A review on exposure and biomarkers of effect (BDNF, HDL) and susceptibility. Int. J. Hyg. Environ. Health. 238, 113855. Doi: 10.1016/ j.ijheh.2021.113855

Habibi, S., Safahieh, H. and Pashazanoosi, H. (2013). Determination of heavy metals pollutants (Cu, Pb, Ni, Cd) in the Boshehr coastal sediments. J. Mar. Sci. Tech., 11(4), 92-102.

Joseph, B., Justin, S. and Edwin T. (2010). Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. Int. J. Biol. Chem. Sci., 4(4), 939-952.

Kafia. M. and Shareef. S. (2011). Agricultural wastes as low cost adsorbent for Pb removal: Kinetics, equilibrium and thermodynamics. Int. J. Chem., 3(3),103-112.

Khadem Moghadam Igdelou, N., Golchin A. and Rouhi Kelarlou, T, (2020). Antimony and Its Effects on the Components of Environment. Iran. J. Soil Water Res., 50(9), 2373-2399. [In Persian].

Kobya, M., Demirbas, E., Senturk, E. and Ince M. (2005). Adsorption of heavy metals ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone. Bioresour. Technol., 96 (13), 1518-1521.

Malakotian, M., Mesreghani, M. and Daneshpazhoo, M. (2010). Survey of Pb, Cr, Ni and Cu concentrations in Tehran consumed black tea: a short report. J. Rafsanjan. Univ. Med. Sci., 10(2), 138-143 [In Persian].

Malvandi, H. and Hassanzadeh, N. (2018). Environmental and ecological risk evaluation of heavy metals in surface sediments of the CheshmeKile River, Mazandaran. Iran J. Health Environ., 11(3), 419-432 [In Persian].

Mehdinia, S. M., Abdul- Latif, P. and Taghipour, H. (2013) a. Removal of hydrogen sulfide by physico-biological filter using mixed rice husk silica and dried activated sludge. Clean. Soil Air Water, 41, 949-54.

Mehdinia, S. M., AbdulLatif, P. and Taghipour, H. (2012). Investigation of the capability of regenerated rice husk silica to remove hydrogen sulfide pollution. Koomesh., 14 (1), 86-90 [In Persian].

Mehdinia, S. M., AbdulLatif, P. and Taghipour, H. (2013) b. A comparative evaluation of dried activated sludge and mixed dried activated sludge with rice husk silica to remove hydrogen sulfide. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 10(22), 1-7.

Mehdinia, S. M., AbdulLatif, P., MakmomAbdullah, A. and Taghipour, H. (2011). Synthesize and characterization of rice husk silica to remove the hydrogen sulfide through the physical filtration system. Asia. .J. Sci. Res., 4(3), 246-254.

Mehdinia, S. M., Moeinian, K..and Rastgoo, T. (2014) a. Rice husk silica adsorption for removal of hexavalent chromium pollution from aquatic solutions. Iranca. J. Energy& Environ., 5(2), 218- 223.

Mehdinia, S. M., Moeinian, K..and Rastgoo, T. (2014) b. Studying the cadmium removal from aqueous solution using raw husk, bran and rice husk silica. J. Babol. Univ. Med. Sci., 16(10), 52-58 [In Persian].

Monisha, J., Tenzin, T., Naresh, A., Blessy, B. and Krishnamurthy, N. (2014). Toxicity, mechanism and healtheffects of some heavy metals. Interdiscip. Toxicol., 7(2), 60–72.

Moosavi, G. R., Naddafi, K., Mesdaghinia, A., Vaezi, F. and Mahmoudi, M. (2005). H_2S removal in an oxidative packed bed scrubber using different chemical oxidants. J. Appl. Sci., 5(4), 651-654.

Mora, S., Fowler, S. W., Wyse, E. and Azemard, S. (2004). Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf of Oman. Mar. Pollut. Bull, 49(5), 410-424.

Nahar, K., Rhaman, M. S., Parvin, K., Bardhan, K., Marques, D. N., Garcia- Caparros, P. and Hasanuzzan, M. (2022). Arsenic-induced oxidative stress and antioxidant defense in plants. Stress., 2, 179–209.

Nassehinia, H., Mahmoodi, A. and Mehdinia S. M. (2016) a. Cadmium removability from aqueous solutions using TiO_2 nano photocatalytic compound and rice husk silica. Koomesh., 18 (3), 334-342.

Nassehinia, H., Rahmani, A., Ghaieny, G..and Mehdinia, S. M. (2016) b Application of novel methods in environmental and health hazardous pollutants removal using nanophotocatalysts. Koomesh., 18(3), 309-31. [In Persian].

Pasha Zanousi, M. B., Kord, B. and Raeesi, M. (2010). The ability of metal ions removal from waste water using tree leaves (Case study: treesoftwoods; pinus silvestris,cupressus sempervirens and cupressus laxuses). J. Wood. Forest. Sci. Tech., 17(1), 93-104. [In Persian].

Prakash, S. and Verma, A. K. (2021). Arsenic: its toxicity and impact on human health. Int. J. Bio. Innov., 3(1), 38-47.

Seyyednejad, S. M., Majdian, K., Koochak, H. and Niknejad, M. (2011). Air pollution tolerance indices of some plants around industrial zone in South of Iran. Asian. J. Biol. Sci., 4(3), 300-305.

Shahriari, A. (2006). Measured values of the heavy metals cadmium lead and nickel in edible tissue of fish frenzy and Sarkhu Persian Gulf in 2002. J. Gorgan. Univ. Med. Sci., 7(2), 65- 67 [In Persian].

Shakibaie. M. R., Khosravan, A., Farahmand. A. and Zareh, S. (2009). Elimination of Copper and Zinc from Industrial Wastes by Mutated Bacteria. J. Kerman. Univ. Med. Sci., 16(1), 13-24. [In Persian].

Shamohammadi, Z., Moazed, H., Jaafarzadeh Haghighifard, N.and Haghighatjau, P. (2008).

Removal of low concentrations of cadmium from water using modified rice husk. J. Water and waste water., (67), 27 -33. [In Persian].

Shekoohiyan, S., Ghoochani M., Mohagheghian, A., Mahvi, A. H., Yunesian, M. and Nazmara, S. (2012). Determination of lead, cadmium and arsenic in infu- sion tea cultivated in north of Iran. Iran. J. Environ. Health Sci. Eng., 9(37), 1-6.

Shokati Pour Sani, A., Shariat, S. M., Jaafarzade Haghighe, N. and Nabizade, R. (2008). Remove of heavy metals from wastewater by use of a small round, for example the elimination of cadmium salts on the color of the soil using vegetable oil industry. Envron. Sci. Tech., 10(1), 41-46. [In Persian].

Shokouhi, M., Faghihian, H. and Nourmoradi, H. (2010). A Survey on efficiency of modified silica aerogel to remove of heavy metals from aqueous solutions. J. Health. Syst. Res., 6, 974- 982. [In Persian].

Singh, J. and Kalamdhad, A. (2011). Effects of heavy metals on soil, plants, human health and aquatic life. Int. J. Res. Chem. Environ., 1(2), 15-21.

Solgi, A., Nabizadeh, R.and Guodini, K. (2009). Survey of relation between consumption of energy and environmental pollutants emission resulted of these consumptions in central main campus of Tehran University. Iran. J. Health Env., 2(2), 150-159 [In Persian].

Struzynska, L, Walski, M, Gadamski, R., Dabrowska-Bouta, B. and Rafałowska, U. (1997). Lead-induced abnormalities in blood-brain barrier permeability in experimental chronic toxicity. Mol. Chem. Neuropathol, 31(3), 207-224.

Sud, D., Mahajan, G. and Kaur, M. P. (2008). Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions. A review. Bio. Tech., 99(14), 6017-27.

Tanzadeh, J., Shareghifar, M. .and Panahandeh, M. (2016). The use of microorganisms in bioremediation of heavy methals in soils. J. Environ. Res. Technol., 1(1), 1-6. [In Persian].

Torkashvand, J., Godini, K., Azarian, G., Kalantary Rezaei, R., Younesi, S. .and Gholami, M. (2016). Lead removal from electrolytic aqueous solutions using nanofiltration process equipped with a commercialpolyamide membrane. Pajouhan. Sci. J., 14(3), 30-38 [In Persian].

Yang, Y., Zhang, L., Huang, X., Zhou, Y., Quan, Q., Li, Y. and Zhu, X. (2020) Response of photosynthesis to different concentrations of heavy metals in Davidia involucrata. Plos One., 15(3), 1-16.

Zavvar Mousavi, S. H. and Arjmandi, A. (2010). Removal of Heavy metals from Industrial Wastewater by sheep Gut waste.J. Water Wastewater, 1, 63-68 [In Persian].

How to cite this paper:
Mehdinia, S. and Nassehinia, H. (2022). Health and environmental effects of heavy metals (Cd, Pb, As). Environ. Water Eng., 8(2), 538-550. DOI: 10.22034/JEWE.2020.253534.1445