مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۵۵۳ تا ۵۶۲

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله مرور ساختار یافته

مروری بر روش‌های استفاده مجدد از دولوچار (پسماند کارخانه‌های آهن اسفنجی)

زهرا خبری، فاطمه صادقیان*، فهیمه فقیهی

مدیر عامل شرکت پژوهندگان آرمان سبز محیط، پردیس فناوری و نوآوری دانشگاه یزد، پارک علم و فناوری یزد، یزد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: آهن اسفنجی، استفاده مجدد، دولوچار، ضایعات جامد صنعتی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
f.sadeghian1367@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: دولوچار، خاکستر به‌جامانده از واکنش زغال‌سنگ و گندله برای تولید آهن اسفنجی در فرایند احیای مستقیم سنگ آهن به روش زغال پایه است. این پسماند در ایران، به نزدیک‌ترین محل دفن زباله منتقل شده یا در نزدیک‌ترین محل به کارخانه دفن می‌گردد. در حالی‌که این روش‌ها به دلیل ریزدانه بودن پسماند و وجود فلزات سنگین در ترکیبش، نگرانی عمده برای محیط زیست محسوب می‌شود. هدف پژوهش حاضر، بررسی روش‌های استفاده مجدد از دولوچار است تا ضمن حل مشکل آلودگی محیط، به عنوان مواد کمکی در مصارفی مثل راه‌سازی و تصفیه پساب آلوده استفاده گردد.

روش بررسی: بررسی واژه دولوچار در پایگاه‌های اطلاعاتی Maglran، SID، Science Direct نشان داد پیشینه طولانی برای استفاده مجدد از آن وجود ندارد. تنها ۱۴ مقاله انگلیسی یافت شد که تمامی آنها در تحقیق به‌کار رفت؛ بنابراین مقاله حاضر برای نخستین بار به موضوع استفاده مجدد از دولوچار در ایران می‌پردازد.

یافته‌ها: با بررسی و مطالعه پژوهش‌های پیشین استفاده مجدد از دولوچار در پنج بخش دسته‌بندی شد. دولوچار در تصفیه فاضلاب (حذف مس، کروم، رنگ، فسفات، نیترات، سورفاکتانت)، حذف کروم از زهاب معادن (بیش از ۹۴ درصد)، استفاده به عنوان گاز سنتز، استفاده به عنوان محیط فیلتر (سه برابر بهتر از فیلتر ماسه‌ای) و استفاده در ساختمان‌سازی و راه‌سازی (جایگزین مواد درشت‌دانه) به‌کار می‌رود.

نتیجه‌گیری: ظرفیت بالای دولوچار در جذب مواد زائد و تصفیه فاضلاب نشان می‌دهد ضروری است در ایران نیز به‌جای دفن یا رها کردن آن در محیط، به استفاده مجدد از آن پرداخت.

Please cite this article as: Khebri Z, Sadeghian F, Faqhihi F. A review of Dolochar reuse methods (waste from sponge iron factories). Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(3):553-62.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

مقدمه

در سال‌های اخیر آهن و فولاد نقش مهمی در توسعه تمدن بشری ایفا کرده‌اند. فولاد به خودی خود از محصولات دوستدار محیط زیست است که در زندگی روزمره استفاده می‌شود. این ماده در گذشته کاربردهای بی‌شماری داشته است و احتمالا در آینده نیز همچنان به عنوان یک ماده مهم به کار خواهد رفت. تولید فولاد نیازمند آهن اسفنجی است. این ماده محصول عملیات احیای مستقیم سنگ آهن است. به طور کلی فرایندهای تولید آهن اسفنجی یا DRI (احیای مستقیم آهن) به دو روش تولید به وسیله گاز طبیعی و تولید به وسیله زغال سنگ طبقه‌بندی می‌شوند. روش‌های تولید بر پایه گاز طبیعی عبارتند از: میدرکس، HYL (Hojalata Y Lamina) و Porufer. تولید بر پایه زغال سنگ نیز شامل فرایندهای: کوره تونلی و کوره دوار (SL/RN) است. برای تولید آهن اسفنجی در روش زغال پایه، سنگ آهن و زغال سنگ در کوره تغذیه می‌شوند و احیا سنگ آهن از طریق حرارت زغال سنگ صورت می‌گیرد.

در طی فرایند تولید آهن اسفنجی، مقدار زیادی پسماند جامد تولید می‌شود. سنگ آهنی که در کوره به آهن اسفنجی تبدیل می‌شود، دارای مواد مغناطیسی و غیر مغناطیسی یا با خاصیت مغناطیسی کم است. مواد مغناطیسی، آهن اسفنجی و مواد غیر مغناطیسی/ با خاصیت مغناطیسی کم، دولوچار نامیده می‌شود. این ماده از جدا کننده مغناطیسی عبور می‌کند و هر دو ماده از هم جدا می‌شوند؛ بنابراین آهن اسفنجی محصول نهایی فرایند تولید آهن اسفنجی است و دولوچار (Dolochar) محصول زائدی به شمار می‌رود که حاوی محتوای آهنی و کربن ثابت است. محتوای آهنی از سنگ آهن و کربن ثابت از زغال سنگ به جا می‌ماند. در چند سال گذشته، مسائل زیست محیطی و اقتصادی سبب توسعه مواد جایگزین شده است. استفاده مجدد از ضایعات صنعتی یا محصولات جانبی که استانداردهای لازم را کسب کنند، افزایش یافته است. دولوچار نیز در زمره ضایعات جامد قرار دارد. با توجه به پیشرفت روزافزون صنعت فولاد در جهان و تولید انبوه این ماده، دفن آن یک مشکل عمده زیست‌محیطی است. دولوچار دارای ساختار بلوری و حاوی SiO_2، Al_2O_3، Fe_2O_3، CaO، MgO و FC (کربن ثابت) است، البته ترکیب اصلی آن SiO_2 است (۱). به‌طور معمول، برای تولید ۱۰۰ تن آهن اسفنجی، ۱۵۴ تن سنگ معدن آهن و ۱۲۰ تن زغال سنگ (درجه B) به کار می‌رود. ضایعات جامد تولید شده طی این فرایند حدود ۴۵ تن است، که ۲۵ تن آن مربوط به دولوچار است. بنابراین واحد آهن اسفنجی برای تولید ۱ تن آهن اسفنجی، حدود ۰/۲۵ تن دولوچار به عنوان پسماند جامد تولید می‌کند. این ضایعات جامد تولید شده در صنعت متالورژی به طور قابل توجهی باعث افزایش آلودگی محیط می‌شوند. مدیریت، استفاده مجدد و دفع ایمن این پسماند جامد از نگرانی‌های اصلی جهان است (۲). امروزه برای کنترل آلودگی ناشی از دفع پسماند، با تبدیل آن به مواد اولیه قابل استفاده برای مصارف مختلف تلاش‌های زیادی شده است. اگر بتوان از این مواد به طور مناسب استفاده کرد، آلودگی و مشکلات دفع ممکن است تا حدی کاهش یابد؛ زیرا این مواد موجب آلودگی زیست محیطی در مناطق مجاور می‌گردند، بنابراین بازیابی آن مزیت مضاعفی را برای اقتصاد و استفاده بهینه از منابع و همچنین کنترل آلودگی محیط زیست به همراه خواهد داشت (۳). بررسی واژه دولوچار در پایگاه‌های اطلاعاتی نشان داد پیشینه طولانی در زمینه استفاده مجدد از آن وجود ندارد؛ بنابراین مقاله پیش‌رو اولین پژوهش مروری در زمینه استفاده مجدد از این پسماند در ایران و جهان است. هدف از مطالعه حاضر این است که با بررسی پیشینه پژوهش‌ها در این زمینه به معرفی شیوه‌های استفاده مجدد از دولوچار اشاره نماید. از جمله مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته می‌توان به پژوهش Lenka و همکاران (۲۰۲۱) اشاره کرد (۴). نتایج این پژوهش نشان داد دولوچار توانایی حذف مس از فاضلاب به میزان ۹۹/۴ درصد را دارد. همچنین پژوهش Satapathy و همکاران (۲۰۲۰) بیانگر این نکته بود که دولوچار می‌تواند به عنوان جاذب احتمالی برای حذف رنگ از پساب صنعت نساجی به کار رود (۵). پژوهش Shami و همکاران (۲۰۲۰) بیان کرد که دولوچار قادر است ۹۸/۹۱ درصد سدیم دودسیل سولفات را

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

در شرایط دوز جاذب ۱۶/۶۲ g/L، زمان تماس ۴۰ min و غلظت اولیه ۴۷ mg/L جذب کند (۶). بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مرور روش‌های استفاده مجدد از دولوچار در کشورهای مختلف و به کارگیری آنها در ایران است. در قسمت یافته‌ها به تفصیل به بررسی پژوهش‌های انجام گرفته در سراسر جهان در این زمینه پرداخته شده است.

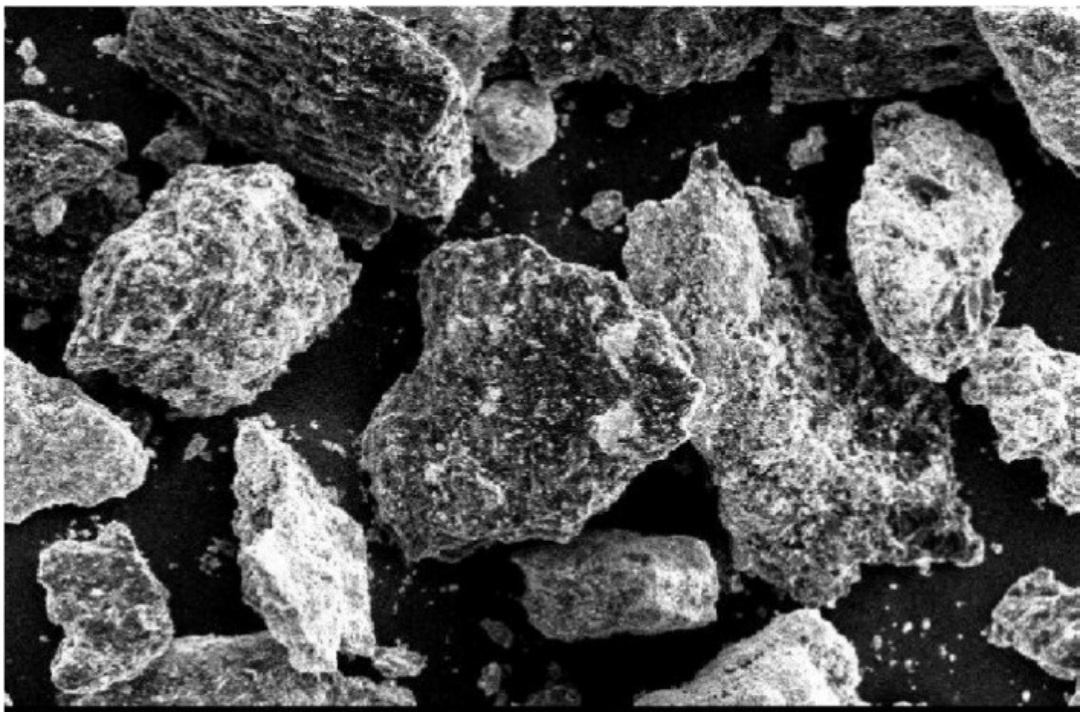
مواد و روش‌ها

واژه dolochar در پایگاه‌های مختلف اطلاعاتی مثل Maglran، SID، Science Direct جستجو شد. تاکنون در ایران پژوهشی در این رابطه انجام نگرفته است، بنابراین در بین مقالات فارسی موردی یافت نشد. همچنین به دلیل پیشینه کوتاه در این زمینه در خارج از کشور، در کل ۱۴ مقاله یافت شد و تمام آنها بررسی گردید. با مطالعه پژوهش‌ها موارد استفاده مجدد از دولوچار در پنج بخش دسته‌بندی گردید.

یافته‌ها

ـ ویژگی‌های دولوچار

دولوچار از جمله ضایعات جامدی است که توسط صنعت آهن اسفنجی در روش زغال‌پایه از جمله روش کوره دوار و کوره تونلی تولید می‌شود. تحقیقاتی در مورد ویژگی‌های فیزیکی، کانی‌شناسی و شیمیایی برای استفاده کارآمد از دولوچار انجام شده است. دولوچار عموما سیاه‌رنگ و با اندازه نامنظم است و از کوارتز (آزاد و همچنین ترکیبی)، آهک آزاد، ذرات آهن و فازهای اکسید Ca یا Mg و یا Ca+Mg+Fe تشکیل شده است. همچنین دارای دمای همجوشی خاکستر بالا است (۲). تجزیه و تحلیل شیمیایی دولوچار وجود C، O، Ca، Al، Si، Fe، Mg و غیره را به عنوان عناصر اولیه در دولوچار نشان می‌دهد (۷). شکل ۱ نمایی از دولوچار و جدول ۱ ترکیبات و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دولوچار از دو منبع مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ نمایی از دولوچار(× ۲۰۰) (۷)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

جدول ۱- مشخصات دولوچار از مطالعات رفرنس‌های ۷ و ۸

خصوصیات و ترکیبات	مقدار(۷)	مقدار(۸)
Particle size (mm)	۰/۳–۰/٦	<۰/٦
pHzpc	۱۰/۱۸	۱۱/۲۲
BET Surface area (m^2/g)	٦۳/٤۳۳	۱۰٤/۳۱
SiO_2 (%)	٤۲/۳۹±۱/٦۱	۵۳/٦۷±۳/۲۳
Al_2O_3 (%)	۱۵/٦۳±۱/٦۷	۱۸/۳۹±۱/۳۸
Fe_2O_3 (%)	۱٤/۱۷±۱/۰۳	۱٦/۷۲±۱/٦۷
MgO (%)	۵/٤٤±۰/۵٦	۵/۰۹±۰/۹٦
CaO (%)	۱۷/۷٦±۰/۷٤	٤/۲۳±۰/۵۸

ـ موارد استفاده از دولوچار

از آنجا که دولوچار یکی از پسماندهای صنعت آهن اسفنجی با گزینه‌های محدود در استفاده مجدد است، توسعه برنامه‌های مفید برای استفاده مجدد از آن ضروری به نظر می‌رسد. نتایج بررسی چندین پژوهش بر روی استفاده مجدد از دولوچار در خارج از کشور دربرگیرنده نتایج ذیل است:

تصفیه فاضلاب

ـ حذف مس از فاضلاب

در پژوهش Lenka و همکاران (۲۰۲۱)، بازده جذب دولوچار برای مس (Cu) تحت پارامترهای مختلفی از جمله دوز جاذب، زمان تماس، غلظت اولیه، pH، سرعت همزدن و دما مورد بررسی قرار گرفت. حذف کامل مس (۱۰۰ درصد) با حداکثر ظرفیت جذب ۳۰ mg/g در شرایط بهینه غلظت اولیه ۶۰ mg/L، pH=۵، زمان تماس ۱۵ min و ۲ g/L دوز جاذب مشاهده شد. مطالعات ترمودینامیکی نشان داد که جذب مس توسط دولوچار یک واکنش گرمازا و خود به خودی بود. راندمان حذف مس از فاضلاب، ۹۹/۴ درصد در شرایط بهینه مشاهده شد، که کاربرد مفید جدیدی را برای استفاده از دولوچار نشان می‌دهد (۴).

ـ حذف رنگ از پساب نساجی

به دلیل مصرف بالای آب در فرایندهای مختلف صنعت نساجی، از نظر کمی میزان تولید فاضلاب آن نسبتا زیاد است. همچنین به دلیل استفاده از مواد شیمیایی و رنگی متنوع در آن، این پساب‌ها دارای آلودگی بسیار بالایی هستند. به همین دلیل توجه به کنترل و تصفیه فاضلاب ناشی از این صنعت باید مورد توجه قرار گیرد. در پژوهش Satapathy و همکاران (۲۰۲۰)، امکان استفاده از دولوچار برای حذف رنگ از پساب نساجی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تصفیه پساب نساجی با استفاده از دولوچار منجر به بازده حذف رنگ ۹۴/۴ درصد شد. بنابراین قابلیت استفاده از دولوچار به عنوان جاذب احتمالی برای حذف رنگ از پساب صنعت نساجی در این مطالعه ثابت گردید (۵).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

_ *حذف کروم از فاضلاب*

از میان فلزات سنگین، کروم با غلظت بالاتری در پساب آبکاری، صنایع کاغذ و غیره وجود دارد. این فلز بسیار سمی است و قرارگیری بیش از حد در معرض غلظت بالای کروم می‌تواند منجر به تهوع، استفراغ، اسهال شدید و خونریزی گردد. حداکثر میزان کروم در آب آشامیدنی ۰/۰۵ mg/L است. در طول سال‌ها، روش‌های مختلف تصفیه مانند تبادل یونی، بازیابی الکترولیتی، شناورسازی، جذب و ... جهت حذف کروم از فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته است. این روش‌ها برای حذف فلزات در غلظت‌های پایین مناسب نیستند. بنابراین، برای کاهش غلظت یون فلزات سنگین و رسیدن به سطح قابل قبول از نظر زیست محیطی، استفاده از روشی مقرون به صرفه و کارآمد باید توسعه یابد. از همه تکنیک‌های مختلف تصفیه آب، جذب به دلیل کارایی بالا، در دسترس بودن جاذب‌های مختلف و مقرون به صرفه بودن مناسب‌تر است. بنابراین در پژوهش Panda و همکاران (۲۰۱۴) ویژگی‌های جذب کروم شش ظرفیتی توسط دولوچار، یک جاذب طبیعی کم هزینه، در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفت. دولوچار یک جاذب کارآمد برای حذف کروم از فاضلاب مصنوعی بود. فرایند جذب به شدت تحت تاثیر دوز جاذب، غلظت جاذب، pH، اندازه ذرات، زمان و وجود سایر یون‌های فلزی در رقابت با کروم بود، که از بین این پارامترها، pH محلول، بیشترین تاثیر را بر راندمان حذف کروم داشت. مشخص شد که حذف کروم (VI) از فاضلاب با استفاده از دولوچار در شرایط بهینه به بیش از ۹۴ درصد رسید (۹).

در پژوهش Tiadi و همکاران (۲۰۱۷) بررسی ویژگی‌های جذب دولوچار برای حذف Cr (VI) از فاضلاب با پارامترهای مختلف مانند زمان تماس، دوز جاذب، غلظت جاذب و pH مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه در زمان تماس، دوز جاذب، غلظت جاذب و pH به ترتیب از ۰ تا ۷۰ min، ۱۰-۲۵ g/L، ۱۰-۵۰ mg/L و ۲ تا ۷/۵ انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که جذب کروم توسط دولوچار پس از ۶۰ min به تعادل رسید و پس از آن تغییر کمی در بازده حذف کروم مشاهده شد. حداکثر حذف کروم (≈۹۵ درصد) در pH برابر با ۲ برای جاذب و دوز جاذب به ترتیب ۲۰ g/L و ۱۰ mg/L به‌دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند به عنوان جایگزینی کم هزینه برای جاذب‌های تجاری برای حذف کروم (VI) از آب و فاضلاب استفاده شود (۱۰).

_ *حذف فسفات از فاضلاب*

در پژوهشی Rout و همکاران (۲۰۱۷) از ستون‌های بسته بندی شده دولوچار تحت شرایط پویا برای حذف فسفات از فاضلاب استفاده شد. این پژوهش در شرایط مختلف تجربی عمق بستر، میزان جریان و غلظت فسفات تاثیرگذار صورت گرفت. نتایج نشان داد افزایش عمق بستر و غلظت اولیه فسفات یا کاهش سرعت جریان منجر به افزایش بازده جذب می‌شود. نتایج، تایید کاربرد پایدار ستون‌های بسته‌بندی شده دولوچار برای کاهش فسفات در مقیاس بزرگ را نشان داد (۱۱).

Rout و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش دیگری از دولوچار (به عنوان جاذب) برای حذف فسفات استفاده کردند. اعتبار تجربی فرایند بهینه سازی منجر به حذف ۹۸/۱۳ درصد فسفات شد. نتایج این مطالعه استفاده از دولوچار به عنوان جاذب کم هزینه و بسیار کارآمد برای حذف فسفات از آب را تایید کرد (۸).

_ *حذف سورفاکتانت از فاضلاب*

میزان نگران‌کننده بالای مصرف سورفاکتانت‌ها در صنایع باعث شده است که آنها به عنوان آلاینده‌های نوظهور در محیط زیست شناخته شوند. استفاده روزانه از محصولات مراقبت شخصی سورفاکتانت‌های بسیاری را به محیط و آب وارد می‌کند. جذب روشی مفید و آسان در تصفیه و حذف آلاینده‌های آب است. سدیم دودسیل سولفات (SDS) یک سورفاکتانت آنیونی با ترکیب آلی مصنوعی است که در بسیاری از محصولات بهداشتی استفاده می‌شود. در پژوهش Shami و همکاران (۲۰۲۰)، حذف سدیم دودسیل سولفات، با استفاده از دولوچار بررسی شد. سه پارامتر ورودی شامل دوز جاذب (۱۰-۲۰ g/L)، غلظت اولیه (۳۰-۱۰۰ mg/L) سورفاکتانت و زمان تماس (۲-۶۰ min) برای بهینه سازی انتخاب شد. شرایط بهینه برای حذف SDS، دوز جاذب ۱۶/۶۲ g/L، زمان تماس ۴۰ min و غلظت اولیه ۴۷ mg/L با بازده حذف ۹۸/۹۱ بود (۶).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

_ *حذف فسفات و نیترات از فاضلاب*

یوتریفیکاسیون در اکوسیستم‌های آبی و حساس در بیشتر موارد ناشی از تخلیه‌های صنعتی (مواد شوینده، فرآوری مواد معدنی، نیروگاه‌های حرارتی و غیره) و همچنین به دلیل استفاده از کودهای مصنوعی و طبیعی در بخش‌های کشاورزی، فاضلاب شهری، ضایعات خانگی و بسیاری دیگر از فعالیت‌های انسانی است. پساب‌های شهری دارای مقدار زیادی فسفات و نیترات هستند. بنابراین بهبود روش‌های تصفیه فاضلاب که منجر به حذف مواد مغذی قبل از تخلیه در محیط‌های آبی می‌گردد، بسیار ضروری است. در مطالعه Rout و همکاران (۲۰۱۶) اثر دولوچار بر حذف فسفات و نیترات از فاضلاب بررسی شد. نتایج منجر به بازده حذف فسفات ۹۶/۷ درصد و بازده حذف نیترات ۵۷/۱ درصد بود؛ بنابراین دولوچار می‌تواند به عنوان یک جاذب مقاوم برای حذف مواد مغذی از فاضلاب عمل کند (۷).

حذف کروم از زهاب معادن

یکی از مشکلات مهم در فرایندهای استخراج و فرآوری معادن به خصوص معادن سولفید فلزی و معادن زغال‌سنگ، زهاب اسیدی معدن است که منجر به اثرات زیست محیطی منفی می‌شود. زمانی که مواد سولفیدی در معرض اکسیژن و آب قرار می‌گیرند، زهاب اسیدی معدن تولید می‌شود و ممکن است به آب‌های زیرزمینی راه پیدا کند. کروم فلز سمی است که در زهاب‌ها و پساب‌های صنعتی مختلف یافت می‌شود؛ بنابراین وجود فلزات سنگین مثل Cr (VI) در غلظت زیاد در آب‌های زیرزمینی می‌تواند بر سلامتی انسان تاثیر منفی بگذارد و باعث شود که آن آب قابل شرب نباشد. برای کاهش Cr (VI) از زهاب معدن، بیشتر از روش جذب استفاده می‌شود، که روشی مقرون به صرفه است. پژوهش Tiadi و همکار (۲۰۱۵) با هدف بررسی اثربخشی دولوچار به عنوان جاذب Cr (VI) از زهاب معادن، انجام شد. در این مطالعه جذب در محدوده ۱۰-۵۰ mg/L غلظت اولیه کروم ۶ و در دما در محدوده ۴۰-۲۰ $^{\circ}C$ صورت گرفت. نتایج نشان داد که جذب کروم ۶ در pH اسیدی بهتر از قلیایی است و همچنین ۱۰۰ درصد حذف در شرایط مطلوب دست یافتنی است (۳).

استفاده به عنوان گاز سنتز

استفاده بیش از حد از سوخت‌های متعارف در بخش‌های مختلف صنعتی و نیروگاهی منجر به مشکل بحران انرژی در جهان خواهد شد. نهادهای نظارتی با تحمیل قوانین انتشار برای کاهش آلودگی محیط زیست سبب توجه بیشتر برای جستجوی سوخت تمیزتر می‌شوند. انتظار می‌رود گاز سنتز نقش مهمی در برطرف کردن شکاف موجود بین عرضه انرژی و تقاضای انرژی ایفا کند. گاز سنتز به مخلوط‌های گازی اطلاق می‌شود که محتوی مونوکسیدکربن و هیدروژن به نسبت‌های مختلف هستند. گاز سنتز ماده اولیه بسیار با ارزشی جهت تولید مواد متنوع شیمیایی است. دولوچار به طور ثابت حاوی ۱۵ تا ۳۰ درصد کربن نسوز است. بازیابی ارزش کربن از این پسماند از طریق فرایند پیشرفته، می‌تواند مزیت بیشتری برای اقتصاد و استفاده موثر از منابع و همچنین کنترل آلودگی محیط زیست ایجاد کند. یک سیستم گازرسانی با جریان سیکلون ممکن است به عنوان گزینه مناسبی برای گازدهی این پسماند حاوی خاکستر بالا با مخلوط کردن آن با زغال‌سنگ درجه پایین جهت تولید گاز سنتز در نظر گرفته شود (۱۲).

استفاده به عنوان محیط فیلتر

استفاده از فیلترهای کند در فرایند تصفیه آب از جمله کارآمدترین روش‌ها برای حذف کدورت از آب‌های با کدورت پایین و حذف عوامل بیماری‌زای بیولوژیکی و مواد آلی است؛ اما این نوع فیلترها نیاز به حجم قابل توجهی از مصالح ماسه‌ای بستر دارند که این مسئله خود مشکلاتی برای تامین مصالح بستر و شستشوی آنها فراهم آورده است. مطالعه Vairagi و همکاران (۲۰۱۹) به منظور ارزیابی امکان استفاده از دولوچار، به عنوان یک محیط فیلتر و مقایسه با فیلتر ماسه‌ای کند انجام شد. مقایسه این دو محیط، توسط دو ستون فیلتر در مقیاس آزمایشگاهی (قطر ۱۰ cm و عمق محیط ۰/۴۰ m) ارزیابی شد، یکی در محیط ماسه و دیگری با دولوچار. محیط دولوچار بازدهی بالاتری را نشان داد. نتایج نشان داد حذف اکسیژن شیمیایی (COD) برای دولوچار تا ۸۹ درصد در مقایسه با ۶۹ درصد برای فیلتر ماسه‌ای، حذف کدورت ۹۶ درصد برای دولوچار در مقایسه با ۹۰ درصد برای فیلتر ماسه‌ای و به طور ویژه حذف فسفات از فیلتر دولوچار تا ۷۱/۹۲ درصد در مقایسه با فیلتر ماسه‌ای که ۲۴/۸۵ درصد بود. از آنجا که فیلتر دولوچار

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

دارای کارآیی حذف بالاتری است، از آن به عنوان یک فیلتر کم هزینه و بسیار کارآمد برای پشتیبانی از فیلتراسیون ماسه‌ای می‌توان استفاده کرد (۱۳).

استفاده در ساختمان‌سازی و راه‌سازی

بتن سیمانی پرکاربردترین مصالح ساختمانی در جهان است و دومین ماده‌ای است که بیشترین مصرف را دارد. سالانه حدود شش میلیارد تن از آن تولید می‌شود. این ماده به عنوان مصالح ساختمانی برای نیازهای زیربنایی قرن ۲۱ ظاهر شده است. چالش مهندسان عمران در آینده این است که پروژه را با استفاده از مواد با کارایی بالا با هزینه مناسب و تاثیر کمتر بر محیط‌زیست طراحی کنند. استفاده از مواد زائد به عنوان جایگزینی برای استفاده طبیعی در سیمان، بتن و سایر مصالح ساختمانی مورد توجه قرار گرفته است. این امر به کاهش هزینه تولید سیمان و بتن کمک می‌کند؛ اما مزایای غیرمستقیم متعددی مانند کاهش هزینه پر کردن زمین، صرفه‌جویی در انرژی و محافظت از محیط زیست در برابر اثرات احتمالی آلودگی را نیز به دنبال خواهد داشت. بتن ماده‌ای مرکب از شن یا سنگ خرد شده (سنگدانه درشت)، ماسه (سنگدانه ریز) و سیمان هیدراته (چسب) است. بیش از یک قرن از عمر آن در کارهای ساختمانی می‌گذرد. سنگدانه یکی از اجزای اصلی تولید بتن است و بخش عمده‌ای از کل مخلوط بتن را پوشش می‌دهد. مقاومت بتن تولید شده بستگی به خواص سنگدانه‌های مورد استفاده دارد. با این حال، صنعت ساختمان سازی به طور فزاینده‌ای تقاضای بیشتری برای این مصالح دارد، به همین دلیل ممکن است در آینده این مصالح کمیاب شود یا در دسترس نباشد؛ از این‌رو نیاز به جایگزینی مناسب است. هدف از پژوهش Trivikram و همکاران (۲۰۱۶) تعیین ویژگی‌های مقاومت و دوام بتن سازه‌ای با جایگزینی سنگدانه‌های درشت با دولوچار است. آزمایش تجربی با استفاده از آزمون‌های مربوط به استحکام و دوام دقیق مانند آزمایش مقاومت فشاری، آزمون مقاومت به اسید و تست نفوذپذیری با جایگزینی سنگدانه‌های درشت در مخلوط‌های بتنی توسط دولوچار انجام شد. نتایج نشان داد مواد دولوچار می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای سنگدانه‌های درشت در بتن به کار رود. همچنین مقاومت فشاری بتن با استفاده از مواد دولوچار به عنوان سنگدانه درشت ۸/۲ درصد بیشتر از بتن تولید شده با گرانیت معمولی است و چگالی بتن با استفاده از مواد دولوچار به عنوان سنگدانه درشت مشابه بتن سنگدانه درشت معمولی است. در مجموع می‌توان گفت ضایعات آهن اسفنجی جایگزینی خوب برای سنگدانه‌های درشت محسوب می‌شود. با این حال تحقیقات بیشتری برای مطالعه اثرات طولانی مدت باید انجام شود (۱۴).

هدف از پژوهش Shahoo و همکاران (۲۰۱۴) ارائه یک مطالعه دقیق در مورد ویژگی‌ها و استفاده موثر از دولوچار به عنوان ماده پرکننده است. پارامترهای مختلف ژئوتکنیکی مانند آزمایش تراکم نور (Cc ،Cu)، آزمایش وزن مخصوص، آزمایش pH و... انجام شد و تجزیه و تحلیل شیمیایی برای تعیین مناسب بودن آن به عنوان یک ماده پرکننده ارزیابی شد (۱).

بحث

نتایج بررسی چندین پژوهش بر روی استفاده مجدد از دولوچار در خارج از کشور به طور خلاصه در جدول ۲ ذکر گردیده است.

نتیجه‌گیری

دولوچار پسماند حاصل از فرایند تولید آهن اسفنجی به روش زغال‌پایه است. این پسماند در ایران دفن یا در نزدیکی کارخانه رها می‌شود؛ از این‌رو خطر جدی برای محیط‌زیست محسوب می‌گردد. بررسی مطالعات خارج از کشور نشان داد این پسماند می‌تواند در بخش‌های مختلفی از جمله تصفیه فاضلاب، حذف کروم از زهاب معادن، به عنوان گاز سنتز، به عنوان محیط فیلتر و در ساختمان‌سازی و راه‌سازی مجددا استفاده شود. با توجه به ظرفیت بالای دولوچار در جذب مواد زائد و تصفیه فاضلاب ضروری است در ایران نیز به جای دفن یا رها کردن آن در محیط، به استفاده مجدد از آن پرداخت.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

جدول ۲- خلاصه پژوهش‌های انجام گرفته در خارج از کشور در زمینه استفاده مجدد از دولوچار

عنوان مقاله	نویسندگان	سال انتشار	خلاصه
حذف مس از آب و فاضلاب با استفاده از دولوچار	Lenka S P, Shaikh W A, Owens G, Padhye L P, Chakraborty S and Bhattacharya T (4)	۲۰۲۱	دولوچار توانایی حذف مس از آب (۱۰۰ درصد) و فاضلاب (۹۹/٤ درصد) را دارد.
حذف رنگ‌های نساجی از محلول‌های آبی توسط دولوچار: مطالعات تعادلی، جنبشی و ترمودینامیکی	Satapathy M, Rout P R, Dash R and Dash A K (5)	۲۰۲۰	دولوچار می‌تواند به عنوان جاذب احتمالی برای حذف رنگ از پساب صنعت نساجی به کار رود.
حذف سورفاکتانت از طریق جذب سطحی با استفاده از دولوچار: یک رویکرد مدلسازی سینتیکی و آماری	Shami S, Dash R R, Verma A K, Dash A K and Pradhan A (6)	۲۰۲۰	دولوچار می‌تواند ۹۸/۹۱ درصد سدیم دودسیل سولفات را در شرایط دوز جاذب ۱٦/٦۲ g/L، زمان تماس ٤۰ min و غلظت اولیه ٤۷ mg/L جذب کند.
بررسی اثربخشی دولوچار به عنوان یک محیط فیلتر در تصفیه فاضلاب	Vairagi P D, Dash R (13)	۲۰۱۹	دولوچار به دلیل کارایی بالا در حذف (توان آن در حذف فسفات تقریبا سه برابر فیلتر ماسه‌ای است) می‌تواند فیلتر کم هزینه محسوب شود.
ارزیابی مدل‌های سینتیکی و آماری برای پیش‌بینی منحنی‌های پیشرفت حذف فسفات با استفاده از ستون‌های دولوچار	Rout P R, Bhunia P and Dash R R (11)	۲۰۱۷	دولوچار توانایی حذف فسفات را از فاضلاب دارد که عواملی مثل افزایش عمق بستر و غلظت اولیه فسفات یا کاهش سرعت جریان سبب افزایش بازده جذب می‌شود.
حذف مواد مغذی از فاز آبی باینری با استفاده از دولوچار: بهینه‌سازی برجسته، ایزوترم‌های جذب تک و دوتایی و آزادسازی مواد مغذی	Rout P R, Dash R R and Bhunia P (7)	۲۰۱٦	دولوچار به عنوان جاذبی مقاوم برای حذف مواد مغذی مثل نیترات (۵۷/۱ درصد) و فسفات (۹٦/۷ درصد) است.
مطالعات مقاومت فشاری و دوام بتن با ترکیب دولوچار به عنوان سنگدانه درشت	Trivikram R, Safi M (14)	۲۰۱٦	مقاومت فشاری بتن با استفاده از مواد دولوچار به عنوان سنگدانه درشت، ۸/۲ درصد بیشتر از بتن تولید شده با گرانیت معمولی است و چگالی بتن با استفاده از مواد دولوچار به عنوان سنگدانه درشت مشابه بتن سنگدانه درشت معمولی است.
استفاده موثر از یک محصول جانبی صنعت آهن اسفنجی برای حذف فسفات از محلول آبی: یک رویکرد مدل‌سازی آماری و جنبشی	Rout P R, Bhunia P and Dash R R (8)	۲۰۱۵	دولوچار جاذب کم هزینه و کارامدی است که توانایی حذف ۹۸/۱۳ درصد فسفات از آب را دارد.
ارزیابی اثربخشی دولوچار به عنوان جاذب برای حذف کروم (VI) از نمونه های آبی مصنوعی	Tiadi N, Mohanty C R (3)	۲۰۱۵	دولوچار، کروم ٦ را در محیط اسیدی، بهتر از قلیایی جذب می‌کند و همچنین در صورت فراهم بودن شرایط میزان جذب به ۱۰۰ درصد هم می‌رسد.
جذب کروم شش ظرفیتی از فاضلاب مصنوعی با استفاده از دولوچار	Panda H, Sahoo S, Tiadi N, Dash R R and Mohanty C R (9)	۲۰۱٤	دولوچار به عنوان جایگزینی کم هزینه برای جاذب‌های تجاری برای حذف کروم ٦ از آب و فاضلاب کاربرد دارد.
برخی از مطالعات مدل سرد در مورد طراحی و جنبه‌های توسعه یک سیستم گازی‌سازی با جریان سیکلون با استفاده از زغال‌سنگ با عیار پایین با ضایعات دولوچار	Senapati P, Singh D and Korado B (12)	۲۰۱٤	وجود ۱۵ تا ۳۰ درصد کربن نسوز در دولوچار آن را به عنوان منبع خوبی برای گاز سنتز تبدیل کرده است.
استفاده از ضایعات صنعتی به عنوان ماده پرکننده	Sanjeet S, Mohanty C R, Pradhan P K (1)	۲۰۱٤	بررسی فاکتورهایی مثل تراکم نور، آزمایش وزن مخصوص، آزمایش pH و... نشان داد که دولوچار می‌تواند به عنوان ماده پرکننده به کار رود.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

References

1. Sanjeet S, Mohanty C, Harapriya P, Dash R. Utilization of industrial waste as a filling material. Recent Research in Science and Technology. 2014;6(1):101-105.
2. Dwari RK, Rao DS, Swar AK, Reddy PSR, Mishra BK. Characterization of dolochar wastes generated by the sponge iron industry. International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials. 2012;19(11):992-1003.
3. Tiadi N, Mohanty C. Evaluation of the effectiveness of dolochar as an adsorbent for chromium (VI) removal from synthetic samples. International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology. 2015;5(1):399-409.
4. Lenka SP, Shaikh WA, Owens G, Padhye LP, Chakraborty S, Bhattacharya T. Removal of copper from water and wastewater using dolochar. Water, Air, & Soil Pollution. 2021;232(5):1-15.
5. Satapathy M, Rout PR, Dash RR, Dash AK. Removal of textile dyes from aqueous solutions by dolochar: Equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies. Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste. 2020;24(3):04020015.
6. Shami S, Dash RR, Verma AK, Dash AK, Pradhan A. Adsorptive removal of surfactant using dolochar: A kinetic and statistical modeling approach. Water Environment Research. 2020;92(2):225-35.
7. Rout PR, Dash RR, Bhunia P. Nutrient removal from binary aqueous phase by dolochar: highlighting optimization, single and binary adsorption isotherms and nutrient release. Process Safety and Environmental Protection. 2016;100:91-107.
8. Rout PR, Bhunia P, Dash RR. Effective utilization of a sponge iron industry by-product for phosphate removal from aqueous solution: A statistical and kinetic modelling approach. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2015;46:98-108.
9. Panda H, Sahoo S, Tiadi N, Dash R, Mohanty C. Sorption of hexavalent chromium from synthetic waste water using dolochar. Recent Research in Science and Technology. 2014;6(1):106-10.
10. Tiadi N, Mohanty M, Mohanty C, H. Panda HP. Studies on adsorption behavior of an industrial waste for removal of chromium from aqueous solution. South African Journal of Chemical Engineering. 2017;23(1):132-38.
11. Rout PR, Bhunia P, Dash RR. Evaluation of kinetic and statistical models for predicting breakthrough curves of phosphate removal using dolochar-packed columns. Journal of Water Process Engineering. 2017;17:168-80.
12. Senapati P, Singh D, Korado B. Some cold model studies on design and developmental aspects of a cyclone type entrained flow gasification system using blended low grade coal with dolochar wastes. Carbon. 2014;42(21.3):37-15.
13. Vairagi PD, Dash RR. Effectiveness study of dolochar as a filter media in wastewater filtration. In: Kalamdhad AS, Singh J, Dhamodharan K, editors. Advances in waste management. New York: Springer; 2019. p. 493-500.
14. Trivikram R, Safi M. Compressive strength and durability studies on concrete with dolochar as coarse aggregate. Journal for Research. 2016;2(8):27-37.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Systematic Review Article

A review of Dolochar reuse methods (waste from sponge iron factories)

Zahra Khebri, Fatemeh Sadeghian*, Fahimeh Faqhihi

Green Goals Company, Technology and Innovation Center of Yazd University, Yazd Science and Technology Park, Yazd, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 3 November 2021
Revised: 18 December 2021
Accepted: 20 December 2021
Published: 21 December 2021

Keywords: Sponge iron, Reuse, Dolochar, Industrial solid waste

***Corresponding Author:**
f.sadeghian1367@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: Dolochar is the residual ash from the production of sponge iron in the process of direct reduction of iron ore by the coal-based method. In Iran, this waste is transported to the nearest landfill. However, these methods are a major environmental concern due to the fineness of the waste and the presence of heavy metals in its composition. The aim of the present study is to investigate the methods of reusing dolochar in order to solve the environmental problem and further use it as auxiliary materials in applications such as road construction and wastewater treatment.

Materials and Methods: In depth investigation of the word "Dolochar" in Science Direct, SID, and MagIran databases showed that there is no long history of reusing it. Only 14 English articles were found, all of which were used in research; Therefore, the present article deals with the issue of reusing Dolochar in Iran for the first time.

Results: By reviewing previous studies, reuse of Dolochar has been classified into five sections. Dolochar use in wastewater treatment (removal of copper, chromium, paint, phosphate, nitrate, surfactant), removal of chromium from mine effluent (more than 94%), as a synthesis gas, as a filter medium (three times better than sand filters) and it is also used in construction and road construction (alternatives to aggregates).

Conclusion: The high capacity of Dolochar in waste absorption and wastewater treatment shows that it is necessary to reuse it in Iran instead of burying or leaving it in the environment.

Please cite this article as: Khebri Z, Sadeghian F, Faqhihi F. A review of Dolochar reuse methods (waste from sponge iron factories). Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(3):553-62.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-12-07]