14(4) 301-308, Winter 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Evaluation of the efficiency of raw bagasse and biochar adsorbents in removing heavy metals from drilling mud wastes of Mishan Formation

Farhad Saffarian [1], Seyed Ahmad Hosseini [1], Maryam Mohammadi Roozbahani [2], Alireza Etminan [3]*

[1] *Department of Environment and Natural Resources, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran*
[2] *Department of Environmental Sciences, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*
[3] *Department of Plant Breeding and Biotechnology, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran*

Key Words
Raw bagasse
Biochar
Heavy metal
Drilling mud

Abstract

Introduction: Oil-well drilling operations lead to the dissemination of heavy metals into the environment with numerous adverse effects on various components of the environment and living beings. The purpose of this study is to investigate the efficiency of raw bagasse and biochar adsorbents in removing heavy metals from drilling mud wastes of the Mishan Formation.

Materials & Methods: For this purpose, the drilling mud waste of Mishan Formation was submitted to chemical digestion, followed by blending with raw bagasse and biochar adsorbents according to the experimental design. The percentage removal of barium, nickel, vanadium, and cadmium was calculated and statistical analysis, analysis of variance, and comparison of means were performed using the Duncan test at the 5% level.

Results: The results of analysis of variance of the parameters influencing the removal percentage showed that contact time had the greatest contribution to the removal efficiency of vanadium and cadmium. The amount and type of absorbent were also recognized as the most effective parameters in the removal of barium and nickel, respectively. Based on the results of contact time, the maximum percentage removal was observed at 60 min for nickel and cadmium, at 120 min for barium and vanadium.

Conclusion: According to the maximum removal percentage of nickel, cadmium, vanadium and barium (98.37%, 96.53%, 96.93% and 87.98%, respectively), the use of crude bagasse and biochar adsorbents in the Heavy metals removal process can be used as an effective technique to reduce the risks of these pollutants and preserve the animal, plant and ... environment.

* Corresponding Author's email: mmohammadiroozbahani@yahoo.com
Received: 1 November 2021; Reviewed: 3 December 2021; Revised: 2 February 2022; Accepted: 6 March 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.329821.2758

مقاله پژوهشی

بررسی کارایی جاذب‌های باگاس خام و بیوچار در حذف فلزات سنگین از پسماندهای گل حفاری سازند میشان

فرهاد صفاریان[۱]، سیداحمد حسینی[۱]، مریم محمدی‌روزبهانی*[۲]، علیرضا اطمینان[۳]

[۱] گروه محیط‌زیست و منابع طبیعی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

[۲] گروه علوم محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۳] گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

کلمات کلیدی

باگاس خام
بیوچار
فلزات سنگین
گل حفاری

چکیده

مقدمه: عملیات‌حفاری چاه‌های‌نفت منجر به ورود فلزات‌سنگین به محیط‌زیست می‌شود‌که این فلزات اثرات منفی بر بخش‌های مختلف محیط‌زیست و موجودات‌زنده برجای می‌گذارند. هدف از انجام این پژوهش، بررسی‌کارایی جاذب‌های باگاس خام و بیوچار در حذف فلزات سنگین از پسماندهای گل حفاری سازند میشان می‌باشد.

مواد و روش‌ها: بدین‌منظور، پسماند گل حفاری سازند میشان پس از هضم شیمیایی، در تماس با جاذب باگاس خام و بیوچار براساس شرایط طراحی شده قرار گرفت. درصد حذف فلزهای باریم، نیکل، وانادیوم و کادمیوم محاسبه و آنالیزهای آماری، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج: نتایج حاصل از تجزیه واریانس پارامترهای مؤثر بر درصد حذف نشان داد که پارامتر زمان تماس بیش‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلزهای وانادیوم و کادمیوم، پارامتر مقدار جاذب بیش‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلز باریم و پارامتر نوع جاذب بیش‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلز نیکل داشته است. براساس‌نتایج حاصل از بررسی اثر پارامتر زمان تماس، حداکثر درصدحذف فلزات نیکل و کادمیوم در زمان تماس ٦۰ دقیقه و حداکثر درصد حذف فلزات باریم و وانادیوم در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه به‌دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به حداکثر مقدار درصد حذف فلزات نیکل، کادمیوم، وانادیوم و باریم (به‌ترتیب ۹۸/۳۷، ۹٦/۵۳، ۹٦/۹۳ و ۸۷/۹۸ درصد)، استفاده از جاذب‌های باگاس خام و بیوچار در فرآیند حذف فلزات سنگین می‌تواند به‌عنوان تکنیک مؤثری در راستای کاهش مخاطرات ناشی از این آلاینده‌ها و حفظ محیط زیست جانوری، گیاهی و ... باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mmohammadiroozbahani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۰ آبان ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۱۲ آذر ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱۳ بهمن ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۵ اسفند ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.329821.2758

مقدمه

صنعت حفاری چاه‌های نفت دارای اثرات محیط زیستی است که با گسترش فن‌آوری و رشد فعالیت، می تواند به افزایش معضلات محیط زیستی منجر گردد. عملیات حفاری یک چاه نفت از مراحل ابتدا تا انتها، اثرات متعددی را بر روی محیط زیست اطراف خواهد گذاشت (۱). از مهم‌ترین آلودگی‌های صنایع حفاری چاه‌های نفت، گل‌های حفاری می‌باشند که دارای ترکیبات شیمیایی مختلفی بوده که برخی از آنان سلامت جمعیت دریایی و خشکی را به خطر خواهند انداخت. گل حفاری در خشکی باعث ایجاد اثار سوء محیط زیستی بر منابع خاک، هوا، گیاه، جانوران و... خواهد شد. گل‌های حفاری دارای برخی ترکیبات غیرمعمول هستند که این ترکیبات می‌توانند به محیط زیست صدمه بزنند. از جمله این ترکیبات فلزات سنگین می‌باشد. فلزات سنگین از دو طریق وارد سیالات حفاری می‌شوند بسیاری از فلزات در چینه‌ها به‌صورت طبیعی وجود دارند و لذا در طول حفاری وارد سیال مورد استفاده می‌شوند. بعضی از فلزات نیز به‌عنوان افزودنی به گل حفاری اضافه شده تا خواص مطلوب را در آن ایجاد کنند (۲). فلزات سنگین گروهی از عناصر هستند که در غلظت‌های بالاتر از حدود استانداردهای محیط زیستی به‌عنوان آلاینده شناخته می‌شوند. این فلزات با ورود به زنجیره غذایی و تجمع زیستی در موجودات زنده باعث ایجاد اختلالات، بیماری‌ها و اثرات نامطلوب بسیاری در این موجودات می‌شوند. در میان آلاینده‌های محیطی، فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی که بر موجودات زنده در غلظت‌های کم دارند از اهمیت خاصی برخوردارند (۳). حضور فلزات سنگین و ترکیبات آن در غلظت‌های بیش از حد مجاز عوارض سوء متعددی، هم برای انسان و هم برای دیگر جانداران ایجاد کرده و آلودگی محیط زیستی را به‌همراه دارد (۴). خطرناشی از فلزات سنگین سال‌ها باقی می‌ماند و این امر باعث ایجاد خطرات محیط زیستی بر سلامت انسان می‌شود (۵). هم‌چنین فلزات سنگین می‌توانند در سطوح شهری، خاک، گیاهان، جانوران و سطوح ساختمانی انباشته شوند و سپس با استفاده از نیروهای طبیعی و یا انسانی به مکان‌های مختلف حمل شوند (۶). با توجه به اثرات نامطلوب فلزات سنگین بر روی انسان و محیط زیست، آلودگی ناشی از این فلزات مورد توجه بسیاری از سازمان‌های دولتی و نظارتی که به‌دنبال جلوگیری از نابودی محیط زیست هستند، قرار گرفته است (۷). بنابراین ارائه روشی که علاوه بر کاهش آلودگی، کم هزینه و نسبتاً سریع باشد و آثار جانبی منفی برای سلامت محیط زیست نداشته باشد، ضروری است. یکی از روش‌های مناسب، استفاده از روش جذب سطحی با استفاده از مواد آلی است که دارای خاصیت جذبی نسبتاً زیادی باشند. در میان این مواد، باگاس نیشکر ماده‌ای است که در مقادیر بسیار زیاد از ضایعات کارخانه‌های تولید شکر ایجاد شده و بدون استفاده در محیط رها می‌شود، بنابراین پیش‌ماده‌ای ارزان و فراوان است. بیوچار نوعی جامد کربنی غنی شده است که از تجزیه حرارتی باگاس در حضور مقادیر کم اکسیژن یا عدم حضور آن تولید می‌شود (۸). بیوچار نیز به‌عنوان یک جاذب زیستی مؤثر و مناسب برای حذف و یا تثبیت فلزات سمی به‌طور گسترده استفاده می‌شود. بیوچار جاذبی با تخلخل بالا است که گروه‌های عاملی فراوانی داشته و هم‌چنین در جذب سطحی فلزات سنگین بسیار مؤثرند (۹). Othugile و همکاران، با استفاده از بیوچار پیرولیز شده پوسته‌های درخت مورولا (Morula)، نوعی درخت بومی در افریقا، فرآیند جداسازی فلزات سنگین پساب کارخانه شستشوی زغال سنگ را انجام دادند و بیان کردند که بیوچار پیرولیز شده کارایی بالایی در حذف فلزات سنگین دارد (۱۰). Ezeonuegbu و همکاران، حذف یون نیکل و سرب را از فاضلاب تصفیه نشده با استفاده از جاذب باگاس نیشکر انجام دادند. نتایج نشان داد با توجه به حداکثر راندمان حذف یون نیکل (۹۶/۳۳ درصد) و سرب (۸۹/۳۱ درصد)، جاذب باگاس نیشکر از کارایی بالایی در حذف یون‌های سرب و نیکل از فاضلاب تصفیه نشده، برخوردار است (۱۱). Shabani و همکاران، پژوهش حذف یون کادمیوم از محلول آبی را با استفاده از بیوماس، بیوچار و بیوچار مهندسی شده باگاس نیشکر انجام دادند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش بیوچار مهندسی شده با کیتوسان می‌تواند به‌عنوان جاذبی موثر برای پاکسازی آلاینده‌های فلزی در محیط‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد (۱۲). در برخی میادین نفتی مانند میدان نفتی اهواز، به‌دلیل شرایط خاص زمین‌شناسی نیاز است برای عملیات حفاری از گل حفاری با ترکیبات پیچیده استفاده شود. در حین عملیات حفاری و پس از آن، ضایعات حفاری در محیط اطراف دکل در حوضچه‌های مخصوص تخلیه می‌شود که ممکن است باعث آلودگی محیط زیست شود. یکی از مهم‌ترین آلودگی‌ها، آلودگی ناشی از فلزات سنگین است (۱۳). بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بررسی کارایی جاذب‌های باگاس خام و بیوچار در حذف فلزات سنگین از پسماندهای گل حفاری سازند میشان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این پژوهش در شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب انجام شده است. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش سازند میشان، در میدان نفتی اهواز می‌باشد. میدان نفتی اهواز در استان خوزستان، در بخش مرکزی شهرستان اهواز، در جنوب‌غربی ایران می‌باشد. طول میدان نفتی اهواز ۶۳ کیلومتر و عرض آن ۶ کیلومتر است. این میدان

نفتی، از شمال با میدان نفتی رامین، از شرق با میدان نفتی مارون، از جنوب با میدان نفتی شادگان و میدان نفتی منصوری و از غرب با میدان نفتی آب تیمور و میدان نفتی سوسنگرد مجاور است. از نظر حجم ذخیره درجای نفت خام، میدان اهواز بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران است که پس از میدان نفتی غوار (مستقر در عربستان سعودی) و میدان نفتی بورقان (مستقر در کویت) سوّمین میدان بزرگ نفتی جهان به‌شمار می‌آید (۱۴).

تهیه جاذب: باگاس نیشکر از شرکت کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در استان خوزستان تهیه، و به آزمایشگاه منتقل گردید. به منظور حذف آلاینده‌ها و افزایش قدرت جذب، باگاس مورد نظر با اسید نیتریک شسته و به‌مدت ۵ روز در معرض هوای آزاد قرار گرفت. جهت تهیه جاذب بیوچار، باگاس خام در کوره ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت قرار گرفت (این زمان و دما سبب تبدیل باگاس به کربن نیمه فعال شد). سپس در اسیدکلریدریک ۰/۰۱ مولار غوطه‌ور و به بیوچار تبدیل شد (۱۵).

جمع‌آوری نمونه: نمونه‌برداری از پسماند گل حفاری دکل‌های شماره ۲۴، ۶۴ و ۸۶ سازند میشان، واقع در میدان نفتی اهواز و از روی الک لرزان انجام شد. نمونه‌های مورد نظر با وزن یک کیلوگرم، به‌ظروف درب‌دار پلاستیکی (شسته شده با اسید و آب مقطر) انتقال یافت. برای تهیه نمونه میانگین نمونه‌ها کاملاً با هم مخلوط گردید.

تعیین غلظت فلزات سنگین: در ابتدا، نمونه‌های پسماند گل حفاری پایه آبی به‌مدت یک هفته هوادهی شدند. سپس از روش DTPA (DiethyleneTriamine Penta Acetice acid) جهت عصاره‌گیری استفاده شد. بدین‌منظور نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و در آون در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس به‌مدت یک شبانه روز قرار داده شد. سپس ۲ گرم از نمونه‌های خاک خشک با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین و در بالن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و ۱۰ میلی‌لیتر تیزاب (مخلوطی از ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و ۳۰۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک) با نسبت ۱:۳ به آرامی به نمونه‌ها اضافه گردید. در مرحله بعد نمونه‌ها روی دستگاه گرم کن (هیتر) به‌مدت یک ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس و سپس به‌مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس گذاشته شد. در ادامه روند کار، قبل از به‌جوش آمدن نمونه‌ها با احتیاط برداشته شد و با استفاده از آب مقطر به‌حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت نمونه‌ها به قوطی‌های مخصوص ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد. به‌علت نبود آنالیز اولیه از فلزات مورد بررسی، قبل از تماس با جاذب، محتویات نمونه سانتریفیوژ و از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Phoenix-986 غلظت اولیه فلزات تعیین گردید (۱۶). در ادامه، هر یک از نمونه‌ها در تماس با مقادیر مختلف (۰/۱، ۰/۵ و ۱ گرم) جاذب بیوچار و باگاس خام قرار داده شد. از دستگاه شیکر با سرعت هم‌زن ۱۰۰ دور در دقیقه، برای مخلوط کردن محلول‌ها و جاذب استفاده گردید. هم‌چنین دمای دستگاه شیکر بر روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و پس از طی مدت زمان‌های موردبررسی (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) محلول مورد نظر سانتریفیوژ گردید و از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس با استفاده از دستگاه جذب اتمی غلظت ثانویه فلزات باریم، نیکل، وانادیوم و کادمیوم تعیین گردید (۱۰). به منظور محاسبه درصد حذف فلزات سنگین با استفاده از جاذب‌های باگاس خام و بیوچار از رابطه ۱ استفاده گردید (۱۷):

$$\%R = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100$$ رابطه ۱

R=درصد حذف فلز سنگین، C0= غلظت اولیه فلز (میلی‌گرم بر لیتر)، C_f= غلظت ثانویه فلز (میلی‌گرم بر لیتر)

برای دستیابی به حداکثر راندمان حذف فلزات، بهینه‌سازی با استفاده از روش طرح آزمایشات (Design of Experiments) و گزینه طراحی سطوح مختلط (mixed level design) انجام گردید. متغیرهای مقدار جاذب، زمان تماس و نوع جاذب، به‌عنوان متغیرهای مورد بررسی درنظر گرفته شدند. براساس روش طرح آزمایشات، ۱۸ آزمایش در سه تکرار برای بهینه‌سازی فرایند حذف هر یک از چهار فلز مورد بررسی، طراحی گردید (۱۸). در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار مینی تب (Minitab) نسخه ۱۶ استفاده شد. نتایج آنالیز آماری، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گردید. هم‌چنین برای رسم نمودارها، از نرم‌افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

نتایج

بررسی مشخصات گل حفاری سازند میشان: مشخصات گل حفاری سازند میشان در جدول ۱ ارائه گردیده است:

جدول ۱: مشخصات پسماند گل حفاری سازند میشان

پارامتر	مقدار
نوع گل	پایه آبی
pH	۱۰/۲
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۴/۸
ماده آلی (درصد)	۰/۴
کربنات (درصد)	۳۹/۸

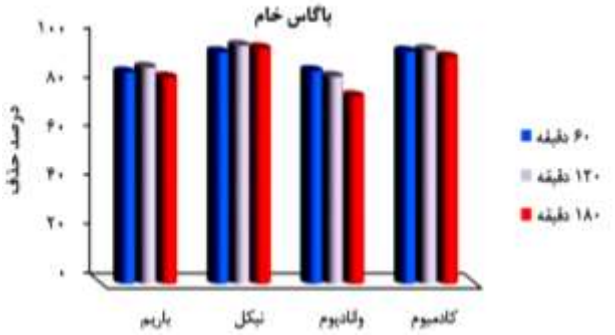
بررسی مشخصات جاذب: جدول ۲ مقادیر ویژگی‌های مختلف اندازه‌گیری شده در جاذب باگاس خام و بیوچار را نشان می‌دهد.

درصدکربن، نیتروژن و هدایت الکتریکی بیوچار نسبت به باگاس خام به‌علت تجزیه در اثر حرارت (آتشکافت) افزایش یافته است.

جدول۲: ویژگی‌های مختلف اندازه‌گیری شده در جاذب باگاس خام و بیوچار

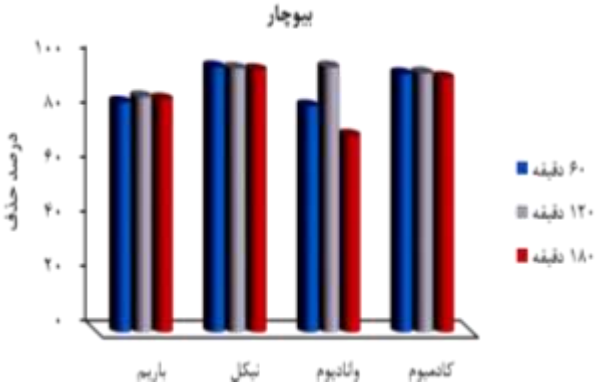
جاذب	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	کربن (درصد)	نیتروژن (درصد)
باگاس نیشکر	۲/۳	۷/۲	۴۲/۱	۱۱/۹
بیوچار	۲/۸	۹/۵	۶۹/۷	۲۲/۳

بررسی درصدحذف فلزات سنگین: بررسی‌اثرزمان‌بر درصد حذف فلزات، در مقدار ۰/۱ گرم بر لیتر جاذب باگاس خام (شکل ۱) نشان داد درصد حذف فلزات نیکل، کادمیوم و باریم در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه به حداکثر مقدار خود رسید. بنابراین در مقدار ۰/۱ گرم بر لیتر جاذب باگاس خام، زمان ۱۲۰دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای این سه فلز درنظر گرفته شد. هم‌چنین بیش‌ترین درصد فلز وانادیوم نیز در زمان تماس ۶۰ دقیقه بود و بنابراین زمان تماس ۶۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای این فلز درنظر گرفته شد.

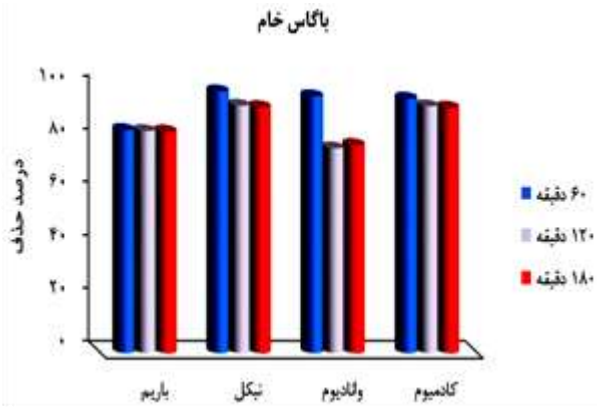


شکل ۱: بررسی اثر زمان تماس و مقدار ۰/۱ گرم جاذب باگاس خام بر درصد حذف فلزات سنگین از گل حفاری

بررسی‌اثر زمان بر درصدحذف‌فلزات، درمقدار ۰/۱ گرم بر لیتر جاذب‌بیوچار (شکل ۲) نشان‌داد درصدحذف‌هر چهارفلزمورد بررسی، در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه به حداکثر مقدار خود رسید. بنابراین در مقدار ۰/۱ گرم بر لیتر جاذب بیوچار، زمان ۱۲۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای این‌فلزات‌درنظر گرفته‌شد. بررسی‌اثر زمان‌بر درصد حذف فلزات، درمقدار ۰/۵ گرم بر لیتر جاذب باگاس‌خام(شکل ۳)، مشخص شد بیش‌ترین درصد حذف همه فلزات مورد بررسی در زمان تماس ۶۰ دقیقه بود. بنابراین زمان‌تماس ۶۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه در نظر گرفته شد. بررسی اثر زمان بر درصد حذف فلزات، در مقدار ۰/۵ گرم بر لیتر جاذب بیوچار (شکل۴) نشان‌داد بیش‌ترین درصد حذف همه فلزهای‌مورد بررسی‌در زمان‌تماس ۶۰ دقیقه بود. بنابراین زمان تماس ۶۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه درنظر گرفته شد. با توجه به بررسی اثر زمان بردرصد حذف‌فلزات، در مقدار ۱ گرم بر لیتر جاذب باگاس‌خام (شکل ۵)، درصد حذف فلزهای کادمیوم و نیکل در زمان تماس ۶۰ دقیقه به حداکثر مقدار خود رسید. بنابراین در مقدار ۱ گرم بر لیتر جاذب باگاس خام، زمان ۶۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای این دوفلز درنظر گرفته شد. هم‌چنین درصد حذف فلزات باریم و وانادیوم پس از افزایش زمان تماس از ۶۰ به ۱۲۰ دقیقه، روندی افزایشی داشت، ولی در زمان تماس ۱۸۰ دقیقه روندی کاهشی داشت. بنابراین زمان تماس ۱۲۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای این دو فلز در نظر گرفته شد.



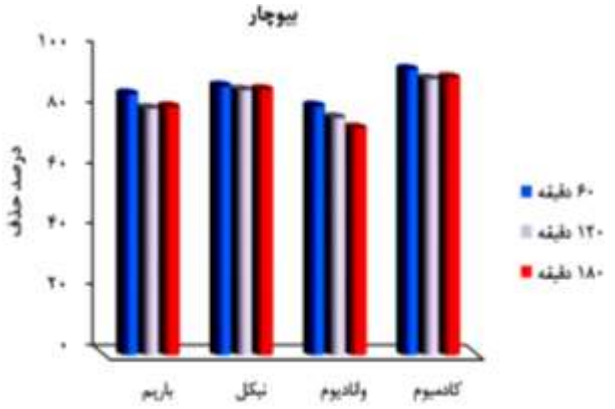
شکل ۲: بررسی اثر زمان تماس و مقدار ۰/۱ گرم جاذب بیوچار بر درصد حذف فلزات سنگین از گل حفاری



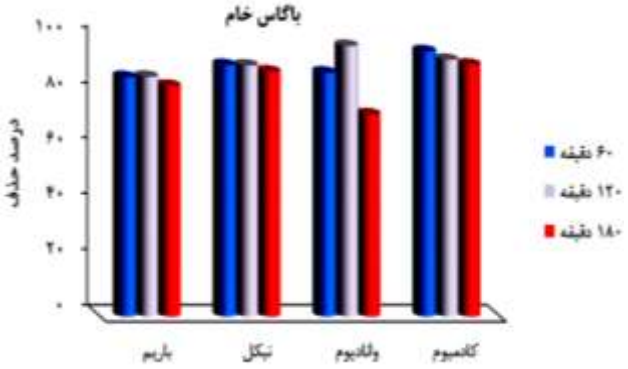
شکل ۳: بررسی اثر زمان تماس و مقدار ۰/۵ گرم جاذب باگاس خام بر درصد حذف فلزات سنگین از گل حفاری

بررسی اثر زمان بر درصد حذف فلزات، در مقدار ۱ گرم بر لیتر جاذب بیوچار (شکل ۶) نشان داد درصد حذف فلزات باریم، نیکل و وانادیوم درزمان‌تماس ۶۰ دقیقه به‌حداکثرمقدار خود رسید. بنابراین در مقدار ۱ گرم بر لیتر جاذب بیوچار، زمان ۶۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای این سه فلز درنظر گرفته شد. هم‌چنین درصد حذف فلز کادمیوم‌پس‌از افزایش‌زمان‌تماس از ۶۰ به ۱۲۰دقیقه‌روندی افزایشی داشت، ولی پس از این زمان تغییری نکرد. بنابراین زمان تماس

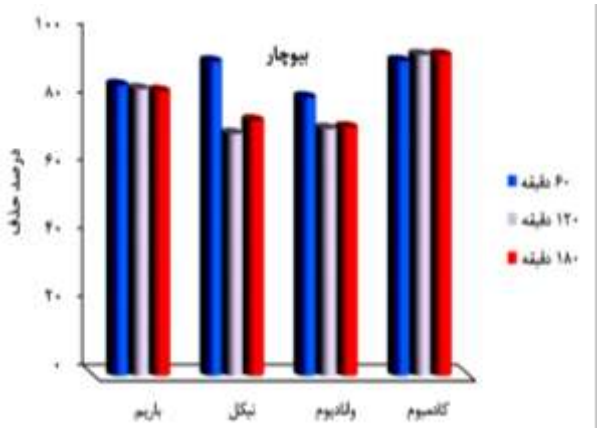
۱۲۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای این فلز در نظر گرفته شد.



شکل ۴: بررسی اثر زمان تماس و مقدار ۰/۵ گرم جاذب بیوچار بر درصد حذف فلزات سنگین از گل حفاری



شکل ۵: بررسی اثر زمان تماس و مقدار ۱ گرم جاذب باگاس خام بر درصد حذف فلزات سنگین از گل حفاری



شکل ۶: بررسی اثر زمان تماس و مقدار ۱ گرم جاذب بیوچار بر درصد حذف فلزات سنگین از گل حفاری

براساس نتایج حاصل از تجریه واریانس پارامترهای موثر بر حذف فلزات سنگین از پسماند گل حفاری سازند میشان (جدول ۳)، تمام پارامترهای مورد بررسی بر حذف فلزات سنگین تاثیر دارند. با توجه به پارامتر میانگین مربعات در جدول ۳، زمان تماس با بیش‌ترین میانگین مربعات، بیش‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلزات وانادیوم و کادمیوم داشته است. هم‌چنین پارامتر مقدار جاذب نیز بیش‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلز باریم داشته است. برای فلز نیکل نیز، نوع جاذب با بیش‌ترین میانگین مربعات، بیش‌ترین اثر را بر راندمان حذف این فلز داشته است. بررسی واریانس پارامترهای موثر بر حذف فلزات سنگین و میانگین مربعات نشان دادکه پارامتر نوع جاذب کم‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلزات باریم، کادمیوم و پارامتر زمان تماس کم‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلز نیکل داشته است. هم‌چنین پارامتر مقدار جاذب کم‌ترین اثر را بر راندمان حذف فلز وانادیوم داشته است.

جدول ۳: تجریه واریانس پارامترهای موثر بر حذف فلزات سنگین

فلز سنگین	منبع تغییرات	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری	حداکثر راندمان (درصد)
باریم	زمان تماس (دقیقه)	۳۰۴/۹۴	۰/۰۰۰*	۸۷/۹۸
	نوع جاذب	۱۳۹/۸۷	۰/۰۰۰*	
	مقدار جاذب (گرم/لیتر)	۹۹۳/۳۱۴	۰/۰۰۰*	
نیکل	زمان تماس (دقیقه)	۸۲۲/۶۰	۰/۰۰۰*	۹۸/۳۷
	نوع جاذب	۱۰۷۹۴/۴۹	۰/۰۰۰*	
	مقدار جاذب (گرم/لیتر)	۶۷۹۹/۵۲	۰/۰۰۰*	
وانادیوم	زمان تماس (دقیقه)	۴۴۸۵/۵۲	۰/۰۰۰*	۹۶/۹۳
	نوع جاذب	۹۵۱/۳۸	۰/۰۰۰*	
	مقدار جاذب (گرم/لیتر)	۴۷۹/۷	۰/۰۰۰	
کادمیوم	زمان تماس (دقیقه)	۳۰۹/۲۴	۰/۰۰۰*	۹۵/۶۳
	نوع جاذب	۱۱/۹۷	۰/۰۰۰*	
	مقدار جاذب (گرم/لیتر)	۱۲/۳۰	۰/۰۰۰*	

* اختلاف معنی‌دار است.

بحث

شناخت ساختار شیمیایی جاذب برای درک فرآیند جذب اهمیت فراوان دارد استفاده از تکنیک طیف‌سنجی با استفاده از روش تبدیل فوریه اشعه مادون قرمز روشی مناسب برای تشخیص گروه‌های عاملی در انواع جاذب‌ها است (۱۹). پیک‌های طیف‌سنجی به‌روش تبدیل فوریه اشعه برای شناسایی گروه‌های عاملی باگاس خام و بیوچار استفاده شد. نتایج طیف‌سنجی باندها نشان داد در محدوده ۳۴۰۰ بر سانتی‌متر گروه OH وجود دارد که این پیک در بیوچار به‌علت فرایند تجزیه در اثر حرارت مولکول‌های آب، شدت کم‌تری نسبت به باگاس خام دارد. پیک موجود در ناحیه ۲۸۵۱ و ۲۹۲۳ بر سانتی‌متر مربوط به گروه C-H که در هر دو جاذب وجود داشت و پیک ۱۴۲۰ بر سانتی‌متر که مربوط به گروه C=C و حلقه آروماتیک بود که در بیوچار اضافه شده و در باگاس خام وجود نداشت. هم‌چنین در پیک ۱۸۰۱ بر سانتی‌متر، گروه C-H و در پیک ۱۰۸۳ بر سانتی‌متر، گروه C=O وجود داشت. تمامی گروه‌های عاملی ذکر شده توسط محققین مختلف نیز گزارش شده‌است (۲۰، ۲۱). در این پژوهش بررسی کارایی جاذب‌های باگاس خام و بیوچار در حذف فلزات سنگین از پسماندهای گل حفاری سازند میشان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس پارامترهای موثر بر حذف فلزات سنگین، نشان داد که پارامترهای نوع جاذب، مقدار جاذب و زمان تماس بر درصد حذف فلزات سنگین تاثیر دارند. براساس متغیر نوع جاذب، هر دو جاذب باگاس خام و بیوچار از کارایی مناسبی در حذف فلزات باریم، نیکل، وانادیوم و کادمیوم برخوردارند. Harripersadth و همکاران (۲۲)، Homagai و همکاران (۲۳)، Joseph و همکاران (۲۴)، در پژوهش‌های جداگانه بیان کردند که باگاس خام کارایی بالایی در حذف فلزات سنگین دارد. Liang و همکاران (۲۵)، Li و همکاران (۲۶)، Komkiene و Baltrenaite (۲۷) و Ding (۲۸) نیز در تحقیقات خود بیان کردند که بیوچار کارایی بالایی در حذف فلزات سنگین دارد. در این پژوهش حداکثر درصد حذف فلزهای نیکل، کادمیوم، وانادیوم و باریم به‌ترتیب ۹۸/۳۷، ۹۶/۵۳، ۹۶/۹۳ و ۸۷/۹۸ درصد در شرایط بهینه به‌دست آمد. Aloma و همکاران، در بررسی حذف یون‌های نیکل (II) از محلول‌های آبی با استفاده از باگاس نیشکر بیان کردند که این جاذب از کارایی بالایی جهت حذف یون نیکل برخوردار است و حداکثر جذب یون نیکل را ۹۹ درصد به‌دست آوردند (۲۹). Adamu و Adie ارزیابی جذب کادمیوم از پساب با استفاده از باگاس نیشکر را انجام دادند و نشان دادند این جاذب از کارایی بالایی در جذب کادمیوم برخوردار است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۳۰). Meng و همکاران، در بررسی حذف یون وانادیوم از محلول آبی و آب‌های زیرزمینی با استفاده جاذب بیوچار، حداکثر درصد حذف یون وانادیوم را ۱۰۰ درصد بیان کردند (۳۱). در بررسی اثر مقدار جاذب در شرایط بهینه، حداکثر درصد حذف فلزات نیکل و کادمیوم در مقدار ۰/۵ گرم باگاس خام، حداکثر درصد حذف فلز وانادیوم در مقدار ۰/۵ گرم جاذب بیوچار و حداکثر درصد فلز باریم در مقدار ۰/۱ گرم جاذب باگاس خام به‌دست آمد و با افزایش این مقادیر جاذب، روند افزایشی در مقدار حداکثر درصد حذف فلزات مورد بررسی صورت نگرفت. در واقع افزایش مقدار جاذب باگاس خام و بیوچار سبب هم‌پوشانی و تجمع مواد این جاذب‌ها در کنار یکدیگر و کاهش مقدار کل سطح جاذب و نقاط جذب قابل دسترس می‌شود که در نهایت سبب کاهش راندمان جذب فلزات مورد بررسی می‌شود (۳۲). Chen و همکاران، بیان کردند که با افزایش مقدار جاذب بیوچار از ۰/۲ تا ۱ درصد به‌طور مستمر، راندمان جذب کادمیم کاهش یافت (۳۳). در بررسی اثر زمان تماس در شرایط بهینه، حداکثر درصد حذف فلزات نیکل و کادمیوم در زمان تماس ۶۰ دقیقه و حداکثر درصد حذف فلزات باریم و وانادیوم در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه به‌دست آمد. پس از سپری شدن این زمان‌ها، روند افزایشی در مقدار حداکثر درصد حذف فلزات مورد بررسی ایجاد نشد، بنابراین این زمان‌ها به‌عنوان زمان تعادل در نظر گرفته شد. در زمان‌های اولیه، سایت‌های در دسترس برای جذب، بیش‌تر است، لذا اتصال جزء جذب‌شونده به سایت‌های جذب، راحت‌تر صورت می‌گیرد. اما پس از گذر زمان، تعداد سایت‌های فعال کم‌تر شده و توسط ماده جذب شونده اشغال می‌شود و ورود آن را محدود و زمان‌بر می‌کند. در واقع پس از گذشت زمان تعادل، مکان‌های سطحی اشغال نشده باقی‌مانده به‌دلیل نیروی دافعه بین مولکول‌های ماده جذب شده روی سطح جاذب و توده فاز مایع، به سختی قابل استفاده هستند (۳۴). Bhagyalakshmi و Sarma، در پژوهش حذف نیکل (II) از محلول‌های آبی با استفاده از باگاس نیشکر نیز حداکثر درصد حذف یون نیکل با استفاده از جاذب باگاس نیشکر را زمان تماس ۶۰ دقیقه بیان کردند (۳۵). به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که جاذب‌های باگاس خام و بیوچار از قابلیت و کارایی بالایی در حذف فلزات سنگین از پسماند گل حفاری برخوردار هستند و این جاذب‌ها می‌توانند در راستای کاهش مخاطرات ناشی از این آلاینده‌ها و حفظ محیط زیست جانوری، گیاهی و ... به‌کار گرفته شوند. در استان خوزستان به‌علت وجود مزارع گسترده نیشکر، سالانه مقادیر زیادی باگاس تولید می‌شود که یا سوزانده شده و یا بدون استفاده انبار می‌شود، از طرفی، وجود مخازن نفتی هم، سبب تولید پسماندهای حفاری و فلزات سنگین در حجم بالا می‌شود که آلودگی گسترده محیط زیست جانوری و موجودات زنده را به‌دنبال دارد، از این‌رو حذف فلزات سنگین از پسماندهای حفاری چاه‌های نفت با استفاده از باگاس نیشکر به‌صورت خام و

بیوچار می‌تواند به‌عنوان راهکار مدیریتی و دوست‌دار محیط زیست مورد توجه قرار گیرد.

منابع

1. **Bakke, T., Klungsøyr, J. and Sanni, S., 2013.** Environmental Impacts of Produced Water and Drilling Waste Discharges from the Norwegian Offshore Petroleum Industry. Marine Environmental Research. 92: 154-169.
2. **API. 2004.** Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Gas Industry.
3. **Barbieri, M., 2016.** The importance of enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) to evaluate the Soil Contamination. Journal of Geological Geophysics. 5(5): 1-4.
4. **Safargholitabar Marzoni, S., Emtiazjo, M., Tajabadi Ebrahimi, M., Gorjian Arabi, M.H. and Mazhar, F., 2013.** Resistance pattern and uptake heavy metals nickel and vanadium on bacterizes that isolated from Khark Island for metal's biological cleaning. Journal of Animal Environmental. 5(4): 37-48. (In Persian)
5. **Ravankhah, N. Mirzaei, R. and Masoum, S., 2015.** Evaluation of Geoaccumulation Index, Contamination Factor, and Principal Component Analysis for Estimating Soil Contamination. Iranian Journal of Health and Environment. 8(3): 345-356. (In Persian)
6. **Baldacchini, C., Castanheiro, A., Maghakyan, N., Sgrigna, G., Verhelst, J., Alonso, R., Amorim, J. H., Bellan, P., Breuste, J., Bühler, O., Cântar, I.C., Cariñanos, P., Carriero, G., Churkina, G., Dinca, L., Esposito, R., Gawronski, S.W., Kern, M., Le Thiec, D., Moretti, M., Ningal, T., Rantzoudi, E.C., Sinjur, I., Stojanova, B., Aničić Urošević, M., Velikova, V., Zivojinovic, I., Sahakyan, L., CALFAPIETRA, C. and Samson, R., 2017.** How does the amount and composition of PM deposited on Platanus acerifolia leaves change across different cities in Europe? Environmental Science and Technology. 51(3): 1147-1156.
7. **Benhaddya, M.L., Boukhelkhal, A., Halis, Y. and Hadjel, M., 2016.** Human health risks associated with metals from urban soil and road dust in an oilfield area of Southeastern Algeria. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 70(3): 556-571.
8. **Lehmann, J. and Joseph S., 2009.** Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan, London and Sterling, VA USA.
9. **Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E. and Bol, R., 2009.** Biochar's role in soil and climate change: a review of research needs. CSIRO Land and Water Science Report. 59: 1-57.
10. **Othugile, L.E., Lekgoba, T. and Ntuli, F., 2022.** Sequestration of Heavy Metals from Coal Wash Water Using Biochar from Pyrolysis of Morula Shells. European Journal of Sustainable Development Research. 6(1): 1-8.
11. **Ezeonuegbu, B.A., Machido, D.A., Whong, C., Japhet, W.S., Alexiou, A., Elazab, S.T., Qusty, N., Yaro, C.A. and Batiha, G.E., 2021.** Agricultural waste of sugarcane bagasse as efficient adsorbent for lead and nickel removal from untreated wastewater: Biosorption, equilibrium isotherms, kinetics and desorption studies. Biotechnology reports (Amsterdam, Netherlands). 30 :1-10.
12. **Shabani, H., Delavar, M.A. and Fardood, S.T., 2020.** Adsorption Efficiency of Biomass, Biochar and Engineered Biochar of Sugarcane Bagasse on Cadmium Removal from Aqueous Solution. Journal of Water and Soil Science. 24(1): 107-119. (In Persian)
13. **Farhadian Babadi, M., Masoudi, F. and Zarasvandi, A., 2012.** Environmental Assessment of Drilling Wastes: Wastes of Well No. 449 in Ahvaz Oil Field (A Case Study). Advanced Applied Geology. 2(3): 100-110. (In Persian)
14. **Ghorbani, M., Ghanavati, N., Babaenejad, T., Nazarpour, A. and Payande, Kh., 2021.** Investigating the status, sources and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the surface soils of Ahvaz oil field. Journal of Natural Environment. 73(4): 759-773. (In Persian)
15. **Hass, A. and Lima, I.M., 2018.** Effect of feed source and pyrolysis conditions on properties and metal sorption by sugarcane biochar. Environ. Technol. Innov. 10: 16-26.
16. **Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978.** Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society America Journal. 42: 421-428.
17. **Erfani, E. and Aminikhoei, Z., 2020.** Study of brown algae Sargassum biomass in bio-absorption of various concentrations of nitrate. Journal of Animal Environmental. 12(1): 409-416. (In Persian)
18. **Davis, R. and John, P., 2018.** Application of Taguchi Based Design of Experiments for Industrial Chemical Processes. Valter silva, IntechopenStat. Appr. Emph. Des. Exp. Appl. Chem. Process. 137-155.
19. **Chia, C.H., Gong, B., Joseph, S.D., Marjo, C.E., Munroe, P. and Rich, A.M., 2012.** Imaging of mineral enriched biochar by FTIR, Raman and SEM-EDX. Vibrational Spectroscopy. 62: 248-257.
20. **Olabemiwo, F.A., Tawabini, B.S., Patel, F., Oyehan, T.A., Khaled, M. and Laoui.T., 2017.** Cadmium removal from contaminated water using polyelectrolyte-coated industrial waste fly ash. Bioinorganic Chemistry and Applications. 1: 1-13.
21. **Yang, Z., Fang, Z., Zheng, L., Cheng, W., Tsang, P.E., Fang, J. and Zhao, Z., 2016.** Remediation of Lead contaminated soil by biochar-supported nano hydroxyapatite. Ecotoxicology and Environmental Safety. 132: 224-230.
22. **Harripersadth, C., Musonge, P., Makarfi Isa, Y., Morales, M.G. and Sayago, A., 2020.** The application of eggshells and sugarcane bagasse as potential biomaterials in the removal of heavy metals from aqueous solutions. South African J. Chem. Engr. 34: 142-150.
23. **Homagai, P.L., Ghimire, K.N. and Inoue, K., 2010.** Adsorption behavior of heavy metals onto chemically modified sugarcane bagasse. Bioresour. Technol. 101: 2067-2069.
24. **Joseph, S.D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, CH., Hook, J., Van Zwieten, L., Kimber, S., Cowie, A., Singh, B.P. and Lehmann, J., 2010.** An investigation into the reactions of biochar in soil. Soil Res. 48: 501-515.
25. **Liang, M., Lu, L., He, H., Li, J., Zhu, Z. and Zhu, Y., 2021.** Applications of Biochar and Modified Biochar in Heavy Metal Contaminated Soil: A Descriptive Review. Sustainability. 13(24): 1-18.
26. **Li, A.Y., Deng, H., Jiang, Y.H., Ye, C.H., Yu, B.G., Zhou, X.L. and Ma, A.Y., 2020.** Superefficient Removal of Heavy Metals from Wastewater by Mg-Loaded Biochars: Adsorption Characteristics and Removal Mechanisms. Langmuir. 36(31): 9160-9174.
27. **Komkiene, J. and Baltrenaite, E., 2016.** Biochar as Adsorbent for Removal of Heavy Metal Ions [Cadmium(II), Copper(II), Lead(II), Zinc(II)] from Aqueous Phase.

International Journal of Environmental Science and Technology. 13: 471-482.

28. **Ding, Z., Hu, X., Wan, Y., Wang, S. and Gao, B., 2016.** Removal of lead, copper, cadmium, zinc, and nickel from aqueous solutions by alkali-modified biochar: Batch and column tests. J. Ind. Eng. Chem. 33: 239-245.

29. **Aloma, I., Martı´n Lara, M.A., Rodrı´guez, I.L., Bla´zquez, G. and Calero, M., 2012.** Removal of nickel (II) ions from aqueous solutions by biosorption on sugarcane bagasse. J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 43: 275-281.

30. **Adamu, A.D., Adie, D.B., Okuofu, C.A. and Giwa, A., 2018.** Application of Activated Carbon Prepared from Sugarcane Bagasse for Lead Removal from Wastewater. ATBU Journal of Science, Technology and Education. 6(3): 126-140.

31. **Meng, R., Chen, T., Zhang, Y., Lu, W., Liu, Y., Lu, T., Liu, Y. and Wang, H., 2018.** Development, modification, and application of low-cost and available biochar derived from corn straw for the removal of vanadium(V) from aqueous solution and real contaminated groundwater. RSC Adv. 8: 21480-21494.

32. **Kılıc, M., Kırbıyıkb, I., Özge, C., Ays, E.P. and Pütün, E., 2013.** Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by bio-char, a by-product of pyrolysis. Applied Surface Science. 283: 856-862.

33. **Chen, T., Zhang, Y., Wang, H., Lu, W., Zhou, Z., Zhang, Y. and Ren, L., 2014.** Influence of pyrolysis temperature on characteristics and heavy metal adsorptive performance of biochar derived from municipal sewage sludge. Bioresource Technology. 164: 47-54.

34. **Meena, A.K., Rajagopal, C., Mishra, K. and Mishra G.K., 2010.** Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using chemically (Na_2S) treated granular activated carbon as an adsorbent. JSIR. 69(6): 449-453.

35. **Bhagyalakshmi, M.G. and Sarma, P.N., 2015.** Removal of Ni (II) from aqueous solutions using sugarcane bagasse. J Chem Pharm Res. 7(2): 140-147.