Photocatalytic Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Presence of Nanosized Semiconductors

By

Nojoud Ali Hodairem Alharbi

ABSTRACT

Due to their toxicity, bioaccumulative and nonbiodegradable nature, the release of hazardous polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) into aquatic environment has received a considerable attention and is considering a serious environmental problem. The increased public concern with these environmental pollutants has prompted the need to develop novel, inexpensive, effective and environmentally acceptable water treatment method. The technology of solar photochemical detoxification of polluted waters using nanosized semiconductor is a relatively new technique for the removal of hazardous pollutants from water. Therefore, the exploitation of real sunlight, renewable and free source of energy, in photocatalysis processes can fulfil these requirements.

In this study, visible light nanosized of carbon-doped zinc oxide (C-ZnO) and pure zinc oxide (ZnO) were successfully prepared for photocatalytic degradation of phenanthrene (PHE), as a model of poly cyclic aromatic hydrocarbon (PAHs). The experiments were performed in aqueous solution, clean seawater and polluted seawater under illumination of both ultraviolet (UV) light

and natural sunlight. The morphological and structural characteristics of the as-synthesized nanoparticles were investigated by X-ray diffraction (XRD), UV–Vis spectra, scanning electron microscope (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), Fourier transform infrared (FT-IR), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The characterization results confirmed the successful incorporation of carbon into ZnO nanoparticles.

The effects of various experimental parameters such as catalyst dose, initial concentration of PHE and solution pH, on the oxidation of PHE were investigated. The highest removal rate of PHE was obtained at the optimal conditions of pH 7 and 0.5 g/L of C-ZnO.

The photocatalytic efficiency of C-ZnO was significantly higher than pure ZnO, under both light sources. The apparent rate constant for solar photocatalytic degradation of phenanthrene in distilled water and seawater at the optimum conditions was found to be 1.66 and 5.36 times higher than that observed under UV irradiation, respectively. Complete degradation of PHE (0.‧25 ppm) in real polluted seawater was achieved by using 0.5 g/L of C-ZnO after only 30 min of sunlight exposure. Moreover, the concentration of total organic carbon (TOC) has been declined from 27.96 mg/L to 5.79 mg/L after 45 min of sunlight illumination in the presence of C-ZnO (0.5 g/L). These results reflect the ability of C-ZnO to exploit the maximum solar light photons and hence enhance the degradation rate of PHE. The kinetic results revealed that the photocatalytic degradation of PHE using C-ZnO obeyed a pseudo-first-order reaction kinetics.

تحلل الهيدروكربونات الأروماتيه المتعددة الحلقات باستخدام التحفيز الضوئي فى وجود اشباه الموصلات متناهية الصغر

إعداد

نجود علي حضيرم الحربي

المستخلص

يعد تلوث مياه البحار بالهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات أحد أنواع التلوث بالمركبات العضوية الخطيرة. وذلك بسبب سميتها، قابليتها للتراكم في الأنسجة الدهنية للكائنات الحية، وطبيعة تحللها البطيئة. هناك العديد من عمليات المعالجة التقليدية لإزالة هذه الملوثات: كالمعالجة الحيوية، استخدام الكائنات الدقيقة، عمليات الاحتراق والتحلل الضوئي، لكن لها العديد من السلبيات مثل حاجتها لوقت طويل وجهد كبير ونتائجها غير الكاملة للتحلل و التي قد تزيد البيئة ضررا. بالتالي ازداد الاحتياج لاستحداث أساليب جديدة، غير مكلفة، فعالة وصديقة للبيئة لمعالجة المياه الملوثة.

تلعب تقنية النانو دوراً رئيسياً في صياغة العلوم البيئية الحالية. حيث تعتبر تقنية التحفيز الضوئي لأشباه الموصلات متناهية الصغر تحت تأثير الطاقة الشمسية أسلوباً حديثاً نسبيا لتنقية المياه الملوثة. بلا شك أن استغلال أشعة الشمس الطبيعية وهي أكبر مصدر للطاقة في المملكة العربية السعودية، سيجعل عمليات التحفيز الضوئي صديقة للبيئة وأكثر جدوى للتطبيق اقتصاديا.

في هذه الدراسة، تم بنجاح تحضير جزيئات أكسيد الزنك متناهية الصغر النقية ZnO والمعدلة بالكربون C-ZnO. كذلك تمت دراسة نشاطهما التحفيزي تحت تأثيرالأشعة فوق البنفسجية وكذلك تحت ضوء الشمس الطبيعى في إزالة مركب الفينانثرين (أحد أنواع الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات) من المياه الملوثة.

كذلك تم دراسة العوامل المؤثرة على نشاطهما التحفيزي في إزالة تركيزات مختلفة من الفينانثرين مثل تركيز المادة الحفازة ومحلول الأس الهيدروجيني (pH). ولقد تم الحصول على أعلى معدل إزالة للفينانثرين في الظروف المثالية وهي عند pH 7 و ٠,٥ جم/لتر من C-ZnO.

بشكل عام، قد اثبتت نتائج هذه الدراسة أن جزيئات أكسيد الزنك المعدلة بالكربون نانوية الحجم لها إمكانيات وصفات تحفيزية متميزة في مجالات تنقية المياه الملوثة تحت ضوء الشمس الطبيعي، مما يستلزم إجراء دراسات علمية مستفيضة لتطبيق هذه الدراسة على نطاق واسع.