

## Abstract

This research focuses on utilizing chemically modified zeolite, noted for its high ion exchange capacity and low environmental side traffic, to improve phosphate and ammonium removal from wastewaters. One of the main reasons for eutrophication and loss of biodiversity is nutrient contamination in waste waters, especially phosphate and ammonium. Conventional methods of wastewater treatment are effective but tend to be expensive.

In this research, natural zeolite was modified with sodium chloride (NaCl) and ferric chloride (FeCl<sub>3</sub>), followed by heat treatment at 200°C, to enhance its structural and chemical properties.

The modified zeolite demonstrated significant improvements in adsorption efficiency compared to its natural counterpart. Batch experiments were conducted under various conditions to study the impact of contact time, adsorbent dosage, and pH on the removal efficiencies. By using a Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD), the study optimized the treatment process. Results showed phosphate and ammonium removal efficiencies of 93.9% and 73%, respectively, of phosphate concentration 32.95 mg/L and ammonium concentration of 21 mg /L under optimal conditions.

The kinetic studies indicated rapid initial adsorption for both nutrients, with equilibrium reached within 15 minutes for phosphate and 150 minutes for ammonium of phosphate concentration 9.67 mg/L and ammonium concentration of 32.2 mg /L under optimal conditions.

Scanning Electron Microscopy (SEM) revealed increased porosity and surface area in the modified zeolite, while X-ray Diffraction (XRD) analysis confirmed the formation of new compounds such as sodium chlorate and iron oxide, which contributed to the enhanced adsorption performance.

application as a low-cost and environmentally-friendly material for wastewater treatment, the research contributes to the reduction of potential sources of eutrophication. This provides a foundation for developing advanced treatment systems that satisfy very strict environmental requirements with as little economic and environmental costs as possible. This new approach needs further investigations in different wastewater treatment setups and long-term usages in real conditions to uncover its potential usages.

## المستخلص

يركز هذا البحث على الاستفادة من الزيوليت المعالج كيميائياً، والذي يتميز بسعته العالية لتبادل الأيونات، لتحسين إزالة الفوسفات والأمونيوم من مياه الصرف الصحي. أحد الأسباب الرئيسية للتغذية الزائدة وفقدان التنوع البيولوجي هو تلوث المغذيات في مياه الصرف الصحي، وخاصة الفوسفات والأمونيوم. تعتبر الطرق التقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحي فعالة ولكنها تميل إلى أن تكون باهظة الثمن وسيئة للبيئة.

في هذا البحث، تم تعديل الزيوليت الطبيعي باستخدام كلوريد الصوديوم (NaCl) وكلوريد الحديدك ( $FeCl_3$ )، متبوعاً بالمعالجة الحرارية عند ٢٠٠ درجة مئوية، لتعزيز خصائصه البنوية والكيميائية.

أظهر الزيوليت المعدل تحسينات كبيرة في كفاءة الامتصاص مقارنة بنظيره الطبيعي.

أجريت تجارب على دفعات في ظل ظروف مختلفة لدراسة تأثير وقت التلامس، وجرعة المادة المازة، ودرجة الحموضة على كفاءة الإزالة. وباستخدام منهجية سطح الاستجابة (RSM) مع التصميم المركب المركزي (CCD)، قامت الدراسة بتحسين عملية المعالجة. أظهرت النتائج كفاءة إزالة الفوسفات والأمونيوم ٩٣.٩% و ٧٣% على التوالي، بتركيز الفوسفات ٣٢.٩٥ ملغم/لتر وتركيز الأمونيوم ٢١ ملغم/لتر في الظروف المثلى.

كشفت المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) عن زيادة المسامية ومساحة السطح في الزيوليت المعدل، في حين أكد تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) تكوين مركبات جديدة مثل كلورات الصوديوم وأكسيد الحديد، مما ساهم في تعزيز أداء الامتزاز. أشارت الدراسات الحركية إلى امتزاز أولي سريع لكلا العنصرين الغذائيين، حيث تم الوصول إلى التوازن خلال ١٥ دقيقة للفوسفات و ١٥٠ دقيقة للأمونيوم بتركيز فوسفات ٩.٦٧ ملغم/لتر وتركيز الأمونيوم ٣٢.٢ ملغم/لتر في الظروف المثلى.

يسلط هذا البحث الضوء على إمكانات الزيوليت المعدل كمادة فعالة من حيث التكلفة ومستدامة لمعالجة مياه الصرف الصحي، وخاصة في الحد من مخاطر التغذية الزائدة. توفر النتائج أساساً لتطوير أنظمة معالجة متقدمة تلبي المعايير البيئية الصارمة مع تقليل التكاليف الاقتصادية

والبيئية. يوصى بإجراء المزيد من التحقيقات لاستكشاف تطبيق الزيوليت المعدل في سيناريوهات معالجة مياه الصرف الصحي المتنوعة واستقراره على المدى الطويل في الظروف الحقيقية.