علماء يبتكرون طريقة فريدة لإزالة النترات بشكل أسرع من مياه الشرب

الثلاثاء 23 يوليو 2024 10:28 م

يمثل تلوث المياه بالنترات منذ فترة طويلة تهديدات للبيئة وصحة الإنسان. الآن، طور باحثون من جامعة ييل طريقة فعالة لإزالته.

تقترح ليا وينتر، الأستاذ المساعد في الهندسة الكيميائية والبيئية، استخدام الأغشية المكهربة المصنوعة من أنابيب الكربون النانوية كاستراتيجية لإزالة النترات من مياه الشرب. وتم نشر النتائج في "Nature Water".

وكما تشير وينتر، فإن هناك عادة طريقتين لإزالة النترات من الماء: فصلها وتدميرها، بحسب موقع "phys.org".

وقالت: "إذا كنت تقوم بفصل النترات فقط، فسينتهي بك الأمر بتدفق نفايات مركزة تعود حتما إلى البيئة وتعود إلى مياه الشرب. لذا فإن من الأفضل أن تتمكن من تدميرها".

تتضمن تقنيات التدمير الكلاسيكية نزع النتروجين البيولوجي الذي يستخدم عادة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي. لكن المشكلة هي أن العمليات حساسة، وحتى التغيير الطفيف في أشياء مثل توازن الرقم الهيدروجيني، أو محتوى الخلية، أو درجة الحرارة يمكن أن يتسبب في انهيار العملية برمتها. ولأنك تعتمد على الميكروبات لتدمير النترات، فقد تكون العملية بطيئة جدا.

للتغلب على هذه العقبات، طور العلماء عمليات التحفيز الكهربائي. "إنها أسرع كثيرا، كما أنها تدمر النترات حتى لا ينتهي بك الأمر مع تيار النفايات المركز".

لكن وينتر تشير إلى أنه على الرغم من أن هذه التقنيات تسمح بمزيد من التحكم في العملية، إلا أن لها عيوبها أيضا.. تتضمن العمليات الكهروكيميائية الكلاسيكية استخدام أقطاب كهربائية مسطحة ثنائية الأبعاد.

وقالت: "لا يمكنك الحصول على النترات من المحلول الخاص بك إلى أقطابك الكهربائية بسرعة كافية لتتمكن من تفاعل النترات بكفاءة على سطح القطب الكهربائي".

لقد نجح مختبر وينتر في التغلب على هذه المشكلة باستخدام أغشية مكهربة، مصنوعة من أنابيب الكربون النانوية والبوليمر الذي يضمها معا.

"يتدفق الماء عبر القطب الكهربائي في هذه الأنظمة، ولكن المفتاح هنا ليس فقط أن لدينا مسامات يتدفق الماء من خلالها، لكن أبعاد تلك المسامات صغيرة حقا".

في الأنظمة التقليدية ثنائية الأبعاد، تبلغ طبقة السائل الأقرب إلى سطح القطب - "الطبقة الحدودية" - حوالي 100 ميكرومتر. يمكن لهذه الطبقة الحدودية الكبيرة نسبيا أن تحد من التفاعل لأن تدفق السائل، وبالتالي نقل النترات عبر تلك الطبقة، يكون أبطأ بكثير من معدل التفاعل نفسه.

تتميز الأغشية التي تم تطويرها في مختبر وينتر بأحجام مسامات تبلغ حوالي 50 نانومترا، أو أصغر بحوالي 2000 مرة. وهذا يعني أن هناك مساحة "بطيئة" أصغر بكثير يجب أن تتحرك من خلالها النترات قبل الوصول إلى سطح القطب والخضوع للتفاعل.

وقالت ونتر: "لذلك فإنه في هذا الترتيب، نحن قادرون على التغلب على قيود الانتشار هذه، وبدأنا في رؤية بعض الخصائص المثيرة للاهتمام".

على عكس معظم الأنظمة الكهروكيميائية، التي تتطلب معادن لتحقيق تحويل كافٍ للنترات، فإن أغشية وينتر لا تحتوي على أي معدن. ولأنها تتغلب على قيود الانتشار، فإن الأغشية - باستخدام أنابيب الكربون النانوية كمحفزات - يمكنها تحقيق تحويل النترات بشكل مماثل إلى تلك التي تحدث في المحفزات المعدنية.

أحد الاختلافات الكبيرة بين هذه التقنية والعمليات الكهروكيميائية التقليدية هو أنها تقلل بشكل كبير من الوقت الذي يستغرقه تدمير النترات.

وقالت: "بالنظر إلى العمليات الكهروكيميائية التقليدية، فإنه عادة ما يستغرق الأمر ساعات إذا كنت تريد إزالة 80% أو 90% من تلك النترات. تحتاج إلى إعطاء وقت طويل للتفاعل لأن الأمر يستغرق وقتا طويلا حتى تصل كل تلك النترات إلى أسطح [الأقطاب]. في أنظمتنا، نحصل على تحويل مماثل حوالي 80% خلال 15 ثانية من خلال مفاعلنا. نحن ننتقل من عملية تستغرق ساعات وصولا إلى 15 ثانية".

ولاختبار هذه التكنولوجيا في تطبيق حقيقي، أخذ فريق وينتر البحثي عينات من بعض المياه من بحيرة وينترغرين، بالقرب من حرم جامعة ييل، وأضافوا كمية صغيرة من النترات.

وقالت: "من الأسهل في الواقع تحويل التركيزات الأعلى، لذلك أردنا على وجه التحديد معرفة ما إذا كان هذا سيعمل على تركيزات أقل تمثل ما نراه في المياه الملوثة الحقيقية. لقد أخذنا هذا التركيز، وبعد ذلك تمكنا من إزالة النترات إلى أقل من معيار وكالة حماية البيئة لمياه الشرب".