

## گندزدایی و سم‌زدایی خورشیدی

### Solar Detoxification and Disinfection

روشی است برای از بین بردن عوامل بیماری‌زا به منظور تأمین آب بهداشتی با استفاده از نور خورشید.

گندزدایی خورشیدی یکی از روش‌های پاک‌سازی آب است. در نتیجه گندزدایی خورشیدی، با توجه به حذف باکتری‌ها، ویروس‌ها، پروتوزوئرها و کرم‌ها، آب، آشامیدنی می‌شود. فناوری‌های متداول مورد استفاده در گندزدایی آب آشامیدنی (از نرنی، کلرنی، تابش با لامپ‌های ماوراء بنفش) به تجهیزات پیچیده، هزینه فراوان و نیروی متخصص نیاز دارد [۱]. متأسفانه استفاده از موادی نظیر کلر، پیامدهای ناخوشایندی همانند واکنش کلر با مواد آلی را به دنبال دارد که باعث تولید عوامل سرطان‌زایی مانند تری‌هالومتان‌ها می‌شود [۲]. از این رو استفاده از روش‌های ساده گندزدایی در کشورهای در حال توسعه، ضرورت به‌شمار می‌آید. گندزدایی آب، نقش بسیار مهمی در پیش‌گیری از بیماری‌های منتقل‌شونده از آب نظیر: اسهال‌های آمیبی و باسیلی، وبا، تیفوئید و هیپاتیت نوع آ دارد. گندزدایی خورشیدی آب، سازگاری مناسبی با محیط زیست دارد و می‌تواند راهکار مناسبی برای رفع این مشکلات باشد. با وجود فراوانی و رایگان بودن منابع تجدیدپذیر، استفاده از این منابع، در ابتدای مسیر نوآوری و کاربرد اقتصادی قرار دارد. این روش، کیفیت میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی را بهبود می‌بخشد. مزیت این روش در مقایسه با سایر روش‌ها، عدم ایجاد فرآورده‌های جانبی خطرناک و تضمین خلوص و سلامت آب از نظر شیمیایی است؛ همچنین می‌تواند به مثابه روشی مناسب در جوامع کوچک مورد توجه قرار گیرد. گندزدایی خورشیدی، مواد و انرژی بسیاری از مناطق محروم جهان، به علت کمبود آب آشامیدنی سالم و نبود دسترسی دسترسی به آب بهداشتی، از فرآیند گندزدایی خورشیدی برای تصفیه آب استفاده می‌کنند. به این منظور، آب را در بطری‌های مناسب پر می‌کنند و پس از تکان دادن آن را بین ساعت ۹ صبح تا ۳ بعداز ظهر به مدت ۲۰ دقیقه، در مقابل نور خورشید قرار می‌دهند. مدت گندزدایی خورشیدی، اغلب ۶ ساعت به طول می‌انجامد، در صورتی که دمای آب بیش از ۴۰ درجه سلسیوس باشد، مدت گندزدایی کاهش می‌یابد [۶].

#### گندزدایی خورشیدی در مناطق محروم

گندزدایی خورشیدی، مواد و انرژی بسیاری از مناطق محروم جهان، به علت کمبود آب آشامیدنی سالم و نبود دسترسی دسترسی به آب بهداشتی، از فرآیند گندزدایی خورشیدی برای تصفیه آب استفاده می‌کنند. به این منظور، آب را در بطری‌های مناسب پر می‌کنند و پس از تکان دادن آن را بین ساعت ۹ صبح تا ۳ بعداز ظهر به مدت ۲۰ دقیقه، در مقابل نور خورشید قرار می‌دهند. مدت گندزدایی خورشیدی، اغلب ۶ ساعت به طول می‌انجامد، در صورتی که دمای آب بیش از ۴۰ درجه سلسیوس باشد، مدت گندزدایی کاهش می‌یابد [۶].

#### ساز و کار گندزدایی خورشیدی و عوامل مؤثر بر آن

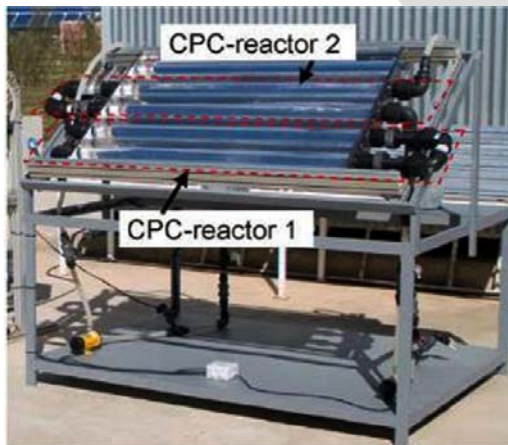
تابش اشعه ماوراء بنفش، با طول موج‌های کوتاه خود، سوخت

### ارتقای فناوری در گندزدایی خورشیدی

تحقیقات بسیاری برای افزایش راندمان گندزدایی خورشیدی انجام شده است. با توجه به اینکه گندزدایی خورشیدی با دو ساز و کار اصلی غیرفعال سازی باکتریایی گرمایی و نوری انجام می‌شود، تحقیقات بسیاری برای افزایش میزان دما و افزایش شدت تابش، صورت گرفته است. استفاده از مواد جاذب نور، تیره‌رنگ کردن برخی از قسمت‌های بطری‌های پلی اتیلنی، عبور دادن آب از روی سطوح تیره‌رنگ که موجب انتقال بیشتر گرما می‌شود، استفاده از رآکتورهای گرمایی و به‌کارگیری انعکاس‌دهنده‌های خورشیدی که موجب افزایش شدت تابش می‌شوند، از جمله مواردی است که می‌توان در غیرفعال سازی گرمایی به آن اشاره کرد. انعکاس‌دهنده‌های خورشیدی در روزهای ابری، موجب افزایش شدت نور ماوراء بنفش می‌شود [۷]. افزایش دمای یک لیتر آب از ۲۰ تا ۴۵ درجه سلسیوس در ظرف رنگ شده به دو ساعت زمان نیاز دارد. این در صورتی است که شرایط آب و هوایی در فصل تابستان و تابش ۸۰۰ وات بر متر مربع در نظر گرفته شود؛ از طرفی در فصل زمستان با توجه به دمای محیط، رآکتور به دمای مورد نظر نخواهد رسید. لذا به‌کارگیری رآکتورهای انعکاس‌دهنده نور در کنار رآکتورهای گرمایی، برای حل این مشکلات بسیار مؤثر است. رآکتورهای گرمایی، به‌علت پیکربندی ویژه و استفاده از مواد جذب‌کننده تابش، موجب افزایش دمای آب می‌شوند ولی متمرکزکننده‌های خورشیدی، با استفاده از سطوح انعکاس‌دهنده موجب افزایش شدت تابش می‌شوند [۸].

سه‌می‌وار مرکب خورشیدی (Component Parabolic) مواد و انرژی اشاره کرد که قابلیت کارکرد در روزهای ابری را دارد [۹]. تحقیقات بسیاری در زمینه استفاده از این رآکتور برای افزایش نرخ حذف ریزسازواره‌ها به‌علت افزایش شدت تابش انجام گرفته است. این رآکتورها با توجه به ویژگی‌های خود، نیاز به ردیابی خورشیدی ندارند [۱۰]. از طرفی هزینه عملیاتی آنها اندک است و نسبت به حجمی که تصفیه می‌کنند، فضای کمی را اشغال می‌کنند. در بسیاری از این

رآکتورها از فرآیندهای فتوکاتالیستی برای فرآیند کمکی گندزدایی خورشیدی و افزایش سرعت حذف ریزسازواره‌ها استفاده می‌شود [۱۱]. فرآیندهای فتوکاتالیستی موجب افزایش میزان گندزدایی می‌شود. وقتی یک نیمه‌رسانا در معرض تابش قرار می‌گیرد، انرژی را جذب می‌کند و الکترون‌ها از نوار ظرفیت به نوار هدایت صعود می‌کنند و موجب تشکیل الکترون و حفره می‌شوند. در این میان حضور ترکیبات مختلف الکترون‌دهنده و الکترون‌گیرنده موجب تشکیل گونه‌های فعال از جمله رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شود. این گونه‌های فعال، موجب از بین رفتن ریزسازواره‌ها می‌شوند [۱۲]. استفاده از تیتانیوم دی‌اکسید، اکسید آهن و اکسید روی به‌عنوان فتوکاتالیست در بسیاری



شکل ۱. تصویر رآکتور سه‌می‌وار مرکب خورشیدی، نمای کلی رآکتور (بالا) تصویر صفحات سه‌می‌وار و لوله جاذب قرار گرفته در مسیر کانونی رآکتور (پایین) [۶].

- [9] McGuigan, K. G.; et al. "Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top". *Hazardous Materials*, vol. 235-236, 2012.
- [10] Blanco-Galvez, J.; Fernández-Ibáñez, P.; Malato-Rodríguez, S. "Solar photocatalytic detoxification and disinfection of water: recent overview". *Solar Energy Engineering*, vol. 129, iss. 1, 2007.
- [11] Gill, L.W.; Price, C. "Preliminary observations of a continuous flow solar disinfection system for a rural community in Kenya". *Energy*, vol. 35, iss. 12, 2010.
- [12] Alrousan, D.M.A.; et al. "Photocatalytic enhancement of solar disinfection of water with immobilised titanium dioxide in re-circulating flow CPC reactors". *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 128, 2012.
- [13] Mbogo S. A. "A novel technology to improve drinking water quality using natural treatment methods in rural Tanzania". *Environmental Health*, vol. 70, iss. 7, 2008.
- [14] Keogh, M. B.; et al. "Capability of 19-L polycarbonate plastic water cooler containers for efficient solar water disinfection (SODIS): field case studies in India, Bahrain and Spain". *Solar Energy*, vol. 116, 2015.

محمد حسین رسولی فرد

پژوهش‌ها نقش مؤثری در افزایش نرخ گندزدایی داشته است [۱۳]. در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته از رآکتورهای سهمی‌وار مرکب خورشیدی و روش‌های فتوکاتالیستی برای گندزدایی حجم بسیار زیادی از آب استفاده می‌شود [۸]. در شکل ۱ تصویر نمونه صنعتی رآکتور سهمی‌وار مرکب مشاهده می‌شود. تحقیقات بسیاری در زمینه گندزدایی خورشیدی انجام گرفته است و پیشرفت‌های بسیاری حاصل شده است و به مثابه یک روش به‌صرفه و کاربردی تصفیه آب در بسیاری از نقاط جهان به‌صورت خانگی و صنعتی معرفی می‌شود [۱۴].

### مداخل مرتبط

اطلس انرژی خورشیدی؛ انرژی خورشیدی؛ تابش خورشیدی؛ سامانه‌های خانگی خورشیدی؛ فتوکاتالیست؛ متمرکزکننده خورشیدی.

### کتاب‌شناسی

- [1] Carpenter, C.; et al. "Chlorine disinfection of recreational water for cryptosporidium parvum". *Emerging Infectious Diseases*, vol. 5, 1999.
- [2] John, M.; et al. "Ammonia- and nitrite-oxidizing bacterial communities in a pilot-scale chloraminated drinking water distribution system". *Applied and environmental microbiology*; vol. 68, iss. 1, 2002.
- [3] Clasen, T.; et al. "Cairncross, L. Haller, J. Bartram, D. Walker, Cost-effectiveness of water quality interventions for preventing diarrhoeal disease in developing countries". *Water Health*, vol. 5, 2007.
- [4] Boyle, M.; et al. "Bactericidal effect of solar water disinfection under real sunlight conditions". *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 74, iss. 10, 2008.
- [5] Schmid, P.; et al. "Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water?". *Water Research*, vol. 42, iss. 20, 2008.
- [6] McGuigan, K.G.; et al. "Solar disinfection of drinking water contained in transparent plastic bottles: characterizing the bacterial inactivation process". *Applied Microbiol*, vol. 84, iss. 6, 1998.
- [7] Mani, S.K.; et al. "Comparative effectiveness of solar disinfection using small-scale batch reactors with reflective, absorptive and transmissive rear surfaces". *Water Research*, vol. 40, iss. 4, 2006.
- [8] Fernández-Ibáñez, P.; et al. "Photocatalytic disinfection of natural well water contaminated by *Fusarium solani* using TiO<sub>2</sub> slurry in solar CPC photo-reactors". *Catalysis Today*, vol. 144, 2009.