Archive of SID

کاهش تبخیر منابع آبی با استفاده از نانومواد

محمد مهدی احدیان[۱]
پژوهشکده علوم و فناوری نانو، دانشگاه صنعتی شریف
ahadian@sharif.edu

چکیده

تبخیر سطحی از آبهای شیرین بخش بزرگی از منابع آب کشور را از دسترس خارج می‌کند و به ویژه در کاربریهای کشاورزی در مناطق خشک و کم بارش تأثیر جدی بر میزان تولید محصولات کشاورزی دارد. برآوردها نشان می‌دهد تا میزان ۷۰٪ بارش سالیانه به دلیل تبخیر از دست می‌رود. یکی از روشهای کاهش تبخیر سطحی استفاده از موادی است که به صورت لایه نازکی بر روی سطح آب پخش شده و مانع تبخیر آب می‌شود. در سالهای اخیر مشخص شده که لایه‌ای با ضخامت نانومتری از این مواد برای کاهش تبخیر تا میزان ۵۰٪ مؤثر است. در این مقاله تأثیر رویکرد نانوفناوری بر این مقوله مورد بررسی قرار می گیرد. با استفاده از روش بیضی‌سنجی نور بازتابیده از سطح آب امکان اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های نانومتری وجود دارد و میزان تبخیر در شرایط شبیه‌سازی شده نور خورشید اندازه‌گیری می‌شود. نامواد و مدلهای جدید مقیاس نانومتری تبخیر سطحی قابلیت مناسبی برای اثربخشی بیشتر این رو ش در مخازن آب کشاورزی، سدها و دریاچه‌های کوچک فراهم می‌کند. نور خورشید به ویژه بخش UV آن در تخریب مواد مورد استفاده نقش مهمی دارد و نانومواد در این رابطه قابلیت مناسبتری از خود نشان می‌دهند و این به معنای زمان اثرگذاری بیشتر است. با این وجود بررسی سمیت نانومواد و ملاحظات زیست محیطی ضرورت داشته و مانع کاربرد این مواد است.

کلمات کلیدی: تبخیر آب، نانوفناوری، نور خورشید

مقدمه

تقاضا برای آب به علت رشد جمعیت، توسعه کشاورزی، شهرنشینی و صنعت در سال‌های اخیر، متوسط سرانه آب قابل تجدید کشور را تقلیل داده به نحوی که این رقم از حدود ۵۵۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۴۰، به حدود ۳۴۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۵۷ و ۲۱۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۷۶ کاهش یافته است. این میزان با توجه به روند افزایش جمعیت کشور در سال ۱۴۰۰ به حدود ۱۳۰۰مترمکعب تنزل خواهد یافت. سالانه ۴۳۲ میلیارد متر مکعب بارش در کشور انجام می‌شود که حدود ۷۰ درصد بارندگی سالانه کشور به میزان ۲۹۶ میلیارد متر مکعب به صورت تبخیر از دسترس خارج

www.SID.ir

Archive of SID

می‌گردد. متوسط سالانه تبخیر در کشور حدود ۷۰ تا ۷۱ درصد بارندگی سالانه برآورد شده که تنها قاره آفریقا با ۷۹ درصد و استرالیا با ۸۰ درصد تبخیر در شرایط نامساعد نزولی مشابه با ایران می‌باشند (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از راهکارهای کاهش تبخیر در مخازن آب کشاورزی، مخازن پشت سدها و دریاچه ها استفاده از مواد شیمیایی است که بر روی سطح آب پخش شده و با ممانعت از تبخیر سطحی میزان از دست رفتن آب را کاهش دهند. استفاده از مواد شیمیایی به کارآمدی روشهای فیزیکی نیستند ولی این روش نیاز به سرمایه گذاری اندکی داشته و اگر چه اثرگذاری کمتری در کاهش تبخیر دارد اما می‌توان مواد شیمیایی را هرگاه که نیاز است به آب افزود و محدودیت کمتری برای موجودات زنده به وجود می‌آید. معایب این محصولات شامل عمر کوتاه مواد در سطح آب، عدم مقاومت آنها در برابر باد و تأثیر منفی آنها بر برخی جنبه های کیفیت آب است.

در طی چندین سال گذشته تحقیقات قابل توجهی برای بهینه کردن لایه های ممانعت کننده تبخیر آب صورت گرفته است و مواد متفاوتی به این منظور به صورت تجاری عرضه شده که در جدول ۱ به اختصار ارائه گردیده است. این مواد به صورت لایه نازکی با ضخامت کمتر از صد نانومتر بر روی آب پخش شده و میزان تبخیر را کاهش می دهند. پلی آکریل آمید یک ماده شیمیایی است که به خوبی در این کاربری مورد استفاده قرار گرفته است. با این وجود این مواد توسط نور فرابنفش شکسته شده و نیاز به استفاده در فواصل کوتاه مدت دارد. پلیمرهای قابل حل در آب و تک لایه اتیلن گلایکل مونو اکتادسیل اتر برای بهبود مقاومت به تبخیر آب استفاده شده است (Yiapanis،۲۰۱۲). نتایج نشان می دهند که پلی وینیل پیرولیدین تمایل به تجمع در فصل مشترک آب/ لایه دارد. این ماده پایداری فیلم را بهبود می‌بخشد و تحرک آب در فصل مشترک را کاهش می دهد. تک لایه های بر پایه رزین اپوکسی پایداری مناسبی در برابر تغییرات دمایی و باد از خود نشان می دهند که به دلیل توانایی آنها در پخش خود به خودی بر روی سطح آب و تشکیل یک فیلم فشرده است (Wu، ۲۰۱۳).

جدول ۱) مواد شیمیایی مورد استفاده در کاهش تبخیر آب

محصول	قیمت	بازدهی (٪)	طول عمر
امولسیون ۶۰٪ آب و ۴۰٪ الکل آبگریز	۵ دلار بر کیلوگرم و با نرخ کاربرد ۱/۵ کیلوگرم بر ساعت	۳۵-۲۳	۱ روز
محصول تجاری واترسیور	۱۸ دلار	ماکزیمم ۳۵	۳ یا ۴ روز
ترکیبات سیلیکونی با ایزوپروپیل الکل	۲/۵ تا ۳/۵ دلار در هفته	۵۰-۳۰	نامشخص
ترکیبات سیلیکونی	نامشخص	بیشتر از ۵۰	۱ یا ۷ روز
پلی‌اکریل‌آمید	۲۵ دلار	نامشخص	نامشخص

اثر تک لایه های اسید آلکانوئیک و اسید پرفلوروآلکانوئیک بر روی سرعت کاهش تبخیر آب نشان‌دهنده تفاوت بسیار زیادی بین تک لایه های هیدروکربنی و فلوروکربنی است. سرعت تبخیر آب از طریق یک تک لایه اسید آلکانوئیک با

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش طول زنجیر اسیدهای هیدروژنه شده کاهش می یابد. از طرف دیگر، سرعت تبخیر آب از میان تک لایه های اسید پرفلوروآکانوئیک با تغییر طول زنجیر تغییر نکرد (Tsuji، ۲۰۰۸). تک لایه پلیمری که مقاومت بالایی در برابر تبخیر داشته باشد معرفی نشده اما زمانیکه پلیمرها با الکلهایی که دارای زنجیرهای طولانی هستند مخلوط می شوند کارایی بالایی از خود نشان می دهند. همچنین پلمیرها به سرعت بر روی سطح پخش نمی شوند اما اگر با مواد آب دوست مانند هگزادکانول مخلوط شوند قابلیت پخش شدگی خوبی را از خود نشان می دهند (Barnes، ۲۰۰۸) و (Kuznetsov، ۲۰۰۹).

اشعه ماوراء بنفش نور خورشید تاثیر جدی بر روی لایه داشته و اکثر مواد مورد استفاده تحت تأثیر آن از بین می روند و زمان ماندگاری آنها بر روی سطح آب کاهش می یابد. استفاده از ترکیبات سیلیکونی به عنوان لایه محافظ و یا ترکیب هگزادکانول و اکتادکانول با برخی مواد دیگر مانند رزین اپوکسی برای افزایش عمر تک لایه ها را در برابر نور UV مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از مشکلات جدی در این زمینه، افزایش پایداری تک لایه ها برای مخازن بزرگ روباز در برابر باد است. به همین منظور از موادی پلیمری شاخه‌دار استفاده شده است که پایداری مکانیکی لایه را افزایش می دهند.

با توجه به مشکلات موجود در راه استفاده از مواد شیمیایی موجود، در این پژوهش اکسید گرافن به تنهایی و نیز به همراه سورفکتانت مورد بررسی قرار گرفت. گرافن و اکسید گرافن موادی هستند که از صفحات اتمی کربن تشکیل شده و خواص جالب توجهی از خود نشان دادند به نحوی که کمتر از یک دهه پس از کشف آن، جایزه نوبل فیزیک را برای کاشفان خود به ارمغان آوردند. با توجه به اینکه قیمت تولید و عرضه گرافن و اکسید گرافن نیز به نحو مناسبی کاهش یافته، کاربرد آن در مقیاس صنعتی نیز اقتصادی است. شکل صفحه ای اکسید گرافن که با ابعاد میکرومتری می تواند بر روی سطح آب قرار گیرد، بررسی این نانوماده را در کاهش تبخیر سطحی دارای اهمیت می نماید.

روش کار

به منظور سنتز اکسید گرافن از روش شیمیایی استفاده گردید. ابتدا با استفاده از پودر گرافیت صنعتی و واکنش آن با نیترات سدیم و پرمنگنات پتاسیم صفحات گرافیتی از یکدیگر جدا شده و با افزودن آب اکسیژنه از تولید اکسید گرافن اطمینان حاصل شد. این روش منجر به صفحاتی به ابعاد کوچکتر از میکرومتر شده ولی بخش بزرگی از محصول تولیدی صفحات تک لایه و چندلایه اتم کربن هستند. این محصول به تنهایی و یا به همراه سورفکتانت تجاری برای بررسی اثر بر کاهش تبخیر آب مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی میزان تبخیر، آب مقطر به همراه مواد افزوده شده در شبیه‌ساز نور خورشید با استاندارد نور AM1.5 قرار داده شد. ظرف در داخل شبیه‌ساز نور خورشید بر روی یک ترازوی دیجیتال با امکان ثبت پیوسته وزن قرار داده شد. به این ترتیب میزان کاهش وزن ظرف به عنوان میزان تبخیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی ضخامت لایه تشکیل شده بر روی سطح مایه از روش روش بیضی‌سنجی نور بازتابیده از سطح آب با دستگاه مدل SE800 شرکت Sentech استفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد اکسید گرافن به تنهایی کارایی مناسبی در مقابله با تبخیر سطحی ندارد ولی زمانی که به همراه سورفکتانت مورد استفاده قرار می‌گیرد می تواند تا ۶۰٪ از میزان تبخیر سطحی را کاهش دهد. از سویی دیگر مقاومت اکسید گرافن نسبت به تبخیر در برابر اشعه UV نور شبیه ساز خورشید بسیار بالا بوده و اثر محافظتی برای سورفکتانت مورد استفاده را نیز دارد. به این ترتیب عمر لایه تشکیل شده به بیش از دو برابر زمانیکه سورفکتانت به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد افزایش پیدا می‌کند. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط مشابه استفاده از اکسید گرافن می تواند به صورت لایه‌ای محافظ بر روی سطح آب قرار گیرد. ساختار صفحه‌ای اکسید گرافن به صورت یک محافظ در برابر تبخیر آب عمل کرده و می تواند به خوبی به عنوان یک ماده جدید به این منظور مورد توجه قرار گیرد. با این وجود ترکیب اکسید گرافن و سورفکتانت از لحاظ نحوه قرار گرفتن بر سطح آب کارآمدی بالاتری را از خود نشان می دهد و احتمالا سورفکتانت نقش کلیدی در پخش یکنواخت نانوماده بر روی سطح دارد. نتایج بیضی سنجی از لایه‌های تشکیل شده بر روی سطح آب نشان می دهد برای زمانیکه ضخامت لایه به بیش از ده تک لایه می رسد کاهش میزان تبخیر قابل توجه می شود. با افزایش بیشتر ضخامت تأثیر چندانی بر میزان کاهش تبخیر مشاهده نشد و در نتیجه از لحاظ اقتصادی می توان گفت که این ضخامت برای کاربرد بهینه می باشد.

یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار بر روی تک لایه ها عامل باد است (Criag، ۲۰۰۷). از اینرو بررسی اثر باد بر روی نانومواد مورد استفاده حائز اهمیت است. از سوی دیگر بررسی سمیت نانومواد و ملاحظات زیست محیطی ضرورت داشته و تا روشن نشدن ابعاد مختلف آن امکان بکارگیری نانومواد در محیط زیست وجود ندارد. با این وجود صفحات کربنی اکسید گرافن پتانسیل مناسبی برای کاهش میزان تبخیر به همراه سورفکتانت از خود نشان دادند و ضرورت تکمیل مطالعات در این زمینه وجود دارد.

منابع

- زارع ابیانه ح.، مقدمنیا ع.ر.، بیات ورکشی م.، قاسمی ع.، شادمانی م.، ۱۳۸۹. تغییرات مکانی تبخیر از تشت و مقایسه آن با مدلهای برآورد تبخیر در ایران، مجله دانش آب و خاک، ۲۰(۴): ۱۱۳-۱۳۰.

- Barnes GT. (2008) The potential for monolayers to reduce the evaporation of water from large water storages 95. *Agricultural Water Management* 339 – 353.

- Craig, I. (2007) Evaporation, Seepage and Water Quality Management in Storage Dams: A Review of Research Methods 7. *Environmental Health*, 84-97.

- Kuznetsov VM, Akentiev AV, Noskov BA, Toikka AM. (2009) Spread Films of Synthetic Polyelectrolyte–Surfactant Complexes: Dilational Viscoelasticity and Effect on Water Evaporation, 71. *Colloid Journal* 202-207.

- Tsuji M, Nakahara H, Moroi Y, Shibata O. (2008) Water evaporation rates across hydrophobic acid monolayers at equilibrium spreading pressure, 318. *Journal of Colloid and Interface Science* 318 322-330.

www.SID.ir

Archive of SID

- Wu Y, Yang F, Fang X. (2013) The stability performances of epoxy resin-based monolayers onresisting disruption of temperature and wind 436. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 796- 802.
- Yiapanis G, Christofferson AJ, Plazzer M, Weir MP, Prime EL, Qiao GG, Solomon DH, Yarovsky I. (2013) Molecular Mechanism of Stabilization of Thin Films for Improved Water Evaporation Protection 29. *Langmuir*, 14451−14459.

www.SID.ir