

فسفر تهدید خاموش برای اکوسیستم و زندگی انسان‌ها

فسفر در رسوبات خلیج فارس و دریای عمان؛ تهدید خاموش برای اکوسیستم و زندگی انسان‌ها

بر اساس پژوهش های انجام شده، خلیج فارس و دریای عمان نه تنها از نظر اقتصادی و ژئوپلیتیک اهمیت فراوان دارند، بلکه زیستگاه میلیون‌ها موجود دریایی به شمار می‌روند. با این حال، نتایج مطالعه‌ای تازه نشان می‌دهد این پهنه‌های آبی با تهدیدی خاموش مواجه هستند: انباشت فسفر در رسوبات کف دریا.

فسفر یکی از عناصر کلیدی در چرخه حیات است که برای رشد گیاهان و جلبک‌ها ضرورت دارد. بدون فسفر، تولید مواد آلی و ادامه زنجیره غذایی در دریا امکان‌پذیر نیست. با این حال، همان‌طور که کمبود فسفر می‌تواند رشد موجودات را مختل کند، فراوانی بیش از اندازه آن نیز به همان میزان خطرناک است. ورود بیش از حد فسفر به محیط‌های آبی موجب رشد بی‌رویه جلبک‌ها یا همان پدیده «شکوفایی جلبکی» می‌شود؛ پدیده‌ای که اکسیژن محلول آب را کاهش می‌دهد، بوی نامطبوع ایجاد می‌کند، حیات آبزیان را تهدید می‌سازد و حتی می‌تواند منجر به مسمومیت و مرگ گسترده ماهی‌ها شود.

به گزارش اقتصادسراسرآمد به نقل از دکتر کمال الدین کر سرپرست پژوهش پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، این تحقیق برای نخستین بار به‌طور جامع اشکال مختلف فسفر را در رسوبات سطحی خلیج فارس و دریای عمان بررسی کرده است. محققان طی دو فصل تابستان و زمستان از ۹۵ ایستگاه نمونه‌برداری انجام داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد غلظت فسفر کل در رسوبات این مناطق بین ۶۰۰ تا ۱۳۵۰ میکروگرم در هر گرم رسوب متغیر است؛ مقداری که در بسیاری از موارد بالاتر از استانداردهای جهانی گزارش شده است.

Image removed.

نکته نگران‌کننده در یافته های این پژوهش این است که همه فسفر موجود در رسوبات در همان‌جا باقی نمی‌ماند. بخشی از آن در شرایط محیطی خاص، مانند تغییر دما یا کاهش اکسیژن، دوباره آزاد شده و وارد آب می‌شود به گفته محققان این پژوهش در تابستان و زمستان به‌ترتیب ۲۹ و ۲۵ درصد فسفر رسوبات قابلیت آزاد شدن و بازگشت به چرخه آبزیان را دارند. این بخش با نام فسفر قابل دسترسی زیستی شناخته می‌شود و می‌تواند به‌طور مستقیم در رشد جلبک‌ها نقش ایفا کند.

برای ارزیابی وضعیت آلودگی از شاخصی به نام PPI استفاده شد. نتایج نشان داد که این شاخص در اغلب نقاط عددی بیش از ۱ را نشان می‌دهد؛ به این معنا که رسوبات منطقه در وضعیت هشدار قرار دارند.

انباشت بالای فسفر و آزاد شدن آن در آب می‌تواند پیامدهای زیست محیطی و انسانی متعددی به همراه داشته باشد:

تشدید پدیده شکوفایی جلبکی مضر (HABs) و در نتیجه مسمومیت یا مرگ آبزیان، کاهش اکسیژن محلول و ایجاد شرایط خفگی برای ماهی‌ها،

تهدید زیستگاه‌های حساس مانند مرجان‌ها و صدف‌ها و تسریع فرایند اسیدی شدن آب، خسارت اقتصادی به صیادان محلی و کاهش امنیت غذایی در منطقه.

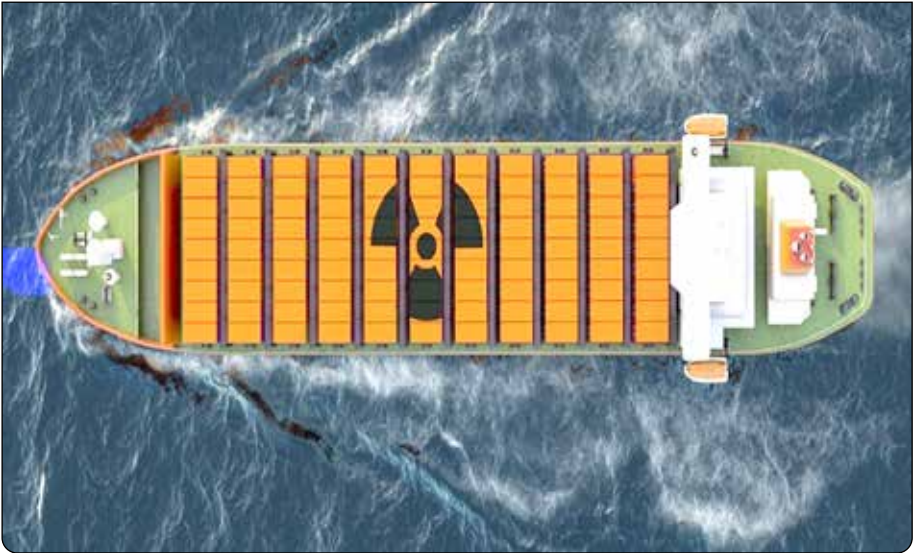
چنین پیامدهایی نه تنها اکوسیستم‌های دریایی بلکه زندگی و معیشت جوامع انسانی حاشیه خلیج فارس و دریای عمان را معرض خطر قرار داده و مستقیماً تهدید می‌کند.

برای مقابله با این تهدید و پیامدهای زیست محیطی و انسانی، مجموعه‌ای از اقدامات ضروری است:

کاهش ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به دریا از طریق ایجاد تصفیه‌خانه‌های مؤثر، مدیریت هوشمندانه مصرف کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی، پایش مداوم کیفیت آب و رسوبات برای شناسایی تغییرات در کوتاه‌مدت، تقویت همکاری علمی و مدیریتی میان کشورهای حاشیه خلیج فارس و دریای عمان برای حفاظت از این اکوسیستم‌های ارزشمند.

جمع‌بندی یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که رسوبات خلیج فارس و دریای عمان از نظر فسفر و وضعیت هشدار قرار دارند. اگر اقدام‌های پیشگیرانه و مدیریتی به‌موقع صورت نگیرد، احتمال بروز بحران‌های زیست محیطی از جمله مرگ‌ومیر گسترده آبزیان و کاهش شدید تنوع زیستی در آینده وجود خواهد داشت. تایچ کامل این تحقیق در نشریه معتبر DeepSea Research منتشر شده است:

https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j. dsr۲۰۲۵.۱۰۵۵۲۴



سفر گروه راهبردی-مرتضی فاخری - استفاده از انرژی هسته‌ای در صنعت کشتیرانی، به‌ویژه در زمینه پیش‌رانۀ کشتی‌ها، یکی از جلوه‌های برجسته تحول فناوری در حمل‌ونقل دریایی به‌شمار می‌آید. این فناوری که نخستین‌بار در کشتی‌های نظامی مورد بهره‌برداری قرار گرفت، به تدریج در حوزه‌های تجاری و تحقیقاتی نیز مطرح شده و توانسته است توجه نهادهای بین‌المللی را به خود جلب کند. با توجه به الزامات زیست محیطی و فشارهای ناشی از توافق‌نامه‌های جهانی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، انرژی هسته‌ای به‌عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی در کشتی‌ها، چشم‌اندازی نوین در مسیر توسعه پایدار ترسیم کرده است. بااین حال، بهره‌گیری از این فناوری در دریا مستلزم بررسی دقیق ابعاد حقوقی و مقررات بین‌المللی است که ایمنی، مسئولیت‌پذیری و مشروعیت استفاده از آن را تضمین کند.

به گزارش روزنامه اقتصاد سراسرآمد، مرتضی فاخری، پژوهشگر ارشد علوم راهبردی در مطبی اختصاصی برای این روزنامه به بررسی چالش‌های اساسی پیش روی صنعت کشتیرانی جهان برای بهره‌مندشدن از مزایای انرژی هسته‌ای در زمینه نحوه ثبت، بیمه و حتی عبور کشتی‌های هسته‌ای از آب‌های تحت حاکمیت کشورهای مختلف پرداخته است. نگارنده در این مطلب با بررسی چارچوب‌ها و چالش‌های حقوقی در این مسیر، تحلیل تطبیقی مقررات ملی کشورها در پذیرش کشتی‌های هسته‌ای را انجام داده و در پایان تغییر برخی مقررات در این زمینه را ضروری دانسته است. این مطلب را در ادامه می‌خوانید:

چارچوب حقوقی بین‌المللی مرتبط با استفاده از انرژی هسته‌ای در کشتیرانی، متشکل از مجموعه‌ای از کنوانسیون‌ها، دستورالعمل‌ها و استانداردهای فنی است که توسط نهادهای چون سازمان بین‌المللی دریانوردی، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و سازمان ملل متحد تدوین شده‌اند. کنوانسیون ایمنی جان در دریا، کنوانسیون حقوق دریاه‌ا و آیین‌نامه ایمنی کشتی‌های تجاری هسته‌ای از جمله اسناد کلیدی در این زمینه محسوب می‌شوند. این مقررات تلاش دارد تا ضمن فراهم‌سازی بستر قانونی برای بهره‌برداری از کشتی‌های هسته‌ای، مخاطرات احتمالی ناشی از حوادث، نشت مواد رادیواکتیو و عبور از آب‌های سرزمینی را نیز مدیریت کند. بااین حال، در عمل، خلأهای حقوقی و تفاوت‌های رویه‌ای میان کشورها موجب شده است که استفاده گسترده از کشتی‌های هسته‌ای با محدودیت‌هایی مواجه باشد. یکی از چالش‌های اساسی در این حوزه، نحوه ثبت، بیمه و عبور کشتی‌های هسته‌ای از آب‌های تحت حاکمیت ملی کشورهاست. بسیاری از کشورها به دلیل نگرانی‌های زیست محیطی و فقدان زیرساخت‌های نظارتی، از پذیرش کشتی‌های مجهز به راکتور هسته‌ای در بنادر خود امتناع می‌ورزند یا مقررات سختگیرانه‌ای را اعمال می‌کنند. این وضعیت، نه‌تنها مانع توسعه تجاری این فناوری شده، بلکه موجب بروز اختلافات حقوقی در سطح بین‌المللی نیز شده است. از سوی دیگر، نبود نظام بیمه‌ای جامع برای پوشش خسارات احتمالی ناشی از حوادث هسته‌ای در دریا، یکی دیگر از موانع حقوقی مهم به‌شمار می‌آید که نیازمند بازنگری در مقررات مسئولیت مدنی و جبران خسارت است. در چنین شرایطی، تدوین چارچوب حقوقی هماهنگ و جامع در سطح بین‌المللی، ضرورتی انکارناپذیر برای بهره‌برداری ایمن و مشروع از انرژی هسته‌ای در صنعت کشتیرانی محسوب می‌شود. این امر مستلزم همکاری میان نهادهای فنی، حقوقی و سیاسی در سطح جهانی و همچنین مشارکت فعال کشورهای در حال توسعه در فرایند تدوین مقررات است. بازنگری در اسناد موجود، ارتقای استانداردهای ایمنی و ایجاد سازوکارهای نظارتی و بیمه‌ای مؤثر، می‌تواند زمینه‌ساز گسترش استفاده از کشتی‌های هسته‌ای در مسیرهای بین‌المللی باشد، مشروط بر آنکه ملاحظات حقوقی، زیست محیطی و انسانی به‌طور کامل رعایت شود.

چارچوب حقوقی بین‌المللی استفاده از انرژی هسته‌ای در کشتی‌ها

چارچوب حقوقی بین‌المللی استفاده از انرژی هسته‌ای در کشتی‌ها بر پایه مجموعه‌ای از اسناد و مقررات فنی و حقوقی استوار است که هدف آن تضمین ایمنی، مسئولیت‌پذیری و مشروعیت بهره‌برداری از فناوری هسته‌ای در حمل‌ونقل دریایی است. این چارچوب، حاصل تعامل میان نهادهای تخصصی بین‌المللی از جمله سازمان بین‌المللی انرژی اتمی و سازمان ملل متحد است که هر یک از منظر خاص خود به تنظیم مقررات پرداخته‌اند. در این میان، چهار سند کلیدی نقش بنیادین در شکل‌دهی به نظام حقوقی موجود ایفا می‌کنند که بررسی آن‌ها برای تدوین سیاست‌های اجرایی و مقررات بین‌المللی ضروری است. نخستین چالش در فرایند ثبت این کشتی‌ها، به تفاوت‌های حقوقی میان کشورها در پذیرش فناوری هسته‌ای بازمی‌گردد. برخی کشورها به دلیل نگرانی‌های زیست محیطی یا فقدان زیرساخت‌های نظارتی، از ثبت کشتی‌های هسته‌ای در دفاتر ملی خود امتناع می‌ورزند یا مقررات سختگیرانه‌ای را اعمال می‌کنند. این وضعیت موجب شده است که مالکان کشتی‌های هسته‌ای به‌دنبال ثبت در کشورهایی با رویکرد تسهیل‌گرانه باشند که خود می‌تواند مسائل مربوط به صلاحیت قضایی و مسئولیت بین‌المللی را پیچیده‌تر کند.

در حوزه بیمه، چالش‌های قابل توجهی در زمینه پوشش خسارات ناشی از حوادث هسته‌ای وجود دارد. شرکت‌های بیمه بین‌المللی به دلیل ریسک بالا، پیچیدگی ارزیابی خسارت و نبود نظام بیمه‌ای جامع برای پوشش خسارات احتمالی ناشی از حوادث هسته‌ای در دریا، یکی دیگر از موانع حقوقی مهم به‌شمار می‌آید که نیازمند بازنگری در مقررات مسئولیت مدنی و جبران خسارت است. در چنین شرایطی، تدوین چارچوب حقوقی هماهنگ و جامع در سطح بین‌المللی، ضرورتی انکارناپذیر برای بهره‌برداری ایمن و مشروع از انرژی هسته‌ای در صنعت کشتیرانی محسوب می‌شود. این امر مستلزم همکاری میان نهادهای فنی، حقوقی و سیاسی در سطح جهانی و همچنین مشارکت فعال کشورهای در حال توسعه در فرایند تدوین مقررات است. بازنگری در اسناد موجود، ارتقای استانداردهای ایمنی و ایجاد سازوکارهای نظارتی و بیمه‌ای مؤثر، می‌تواند زمینه‌ساز گسترش استفاده از کشتی‌های هسته‌ای در مسیرهای بین‌المللی باشد، مشروط بر آنکه ملاحظات حقوقی، زیست محیطی و انسانی به‌طور کامل رعایت شود.



«سرآمد» بررسی کرد؛

چالش‌های حقوقی تردد کشتی‌های هسته‌ای

بررسی حقوقی انرژی هسته‌ای در صنعت کشتیرانی

خسارات ناشی از حوادث هسته‌ای وجود دارد. شرکت‌های بیمه بین‌المللی به دلیل ریسک بالا، پیچیدگی ارزیابی خسارت و نبود نظام جبران خسارت جهانی برای حوادث دریایی هسته‌ای، تمایل اندکی به ارائه پوشش جامع دارند. این خلأ بیمه‌ای، نه‌تنها مانع توسعه تجاری کشتی‌های هسته‌ای شده، بلکه در صورت وقوع حادثه، امکان جبران خسارت برای قربانیان و دولت‌های آسیب‌دیده را نیز محدود می‌سازد. در این زمینه، مقرراتی چون کنوانسیون وین درباره مسئولیت مدنی در قبال خسارات هسته‌ای و دستورالعمل‌های آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، چارچوب‌هایی را پیشنهاد داده‌اند، اما هنوز نظامی هماهنگ و الزام‌آور در سطح جهانی شکل نگرفته است.

عبور کشتی‌های هسته‌ای از آب‌های سرزمینی کشورها نیز با محدودیت‌های حقوقی و سیاسی مواجه است. بر اساس کنوانسیون حقوق دریاه‌ا، کشورها می‌توانند مقررات خاصی را برای عبور کشتی‌های هسته‌ای از آب‌های تحت حاکمیت خود وضع کنند، مشروط بر آنکه این مقررات با اصول آزادی کشتیرانی و عدم تبعیض مغایرت نداشته باشند. بااین حال، در عمل، بسیاری از کشورها با استناد به ملاحظات ایمنی و زیست محیطی، عبور این کشتی‌ها را مشروط به اخذ مجوزهای خاص، اعلام مسیر و رعایت الزامات فنی می‌کنند. این محدودیت‌ها، به‌ویژه در مسیرهای پر تردد یا بنادر راهبردی، موجب کاهش قابلیت عملیاتی کشتی‌های هسته‌ای و افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل شده است.

در زمینه پهلوگیری، چالش‌ها عمدتاً به نبود زیرساخت‌های فنی، نگرانی‌های عمومی و فقدان مقررات هماهنگ بازمی‌گردد. بسیاری از بنادر بین‌المللی فاقد تجهیزات لازم برای مدیریت ایمن کشتی‌های هسته‌ای هستند و در مواردی نیز مخالفت‌های اجتماعی و سیاسی مانع پذیرش این کشتی‌ها می‌شود. این وضعیت، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه یا مناطق حساس زیست محیطی، موجب شده است که کشتی‌های هسته‌ای تنها در تعداد محدودی از بنادر مجاز به پهلوگیری باشند. در نتیجه، بهره‌برداری گسترده از این فناوری در حمل‌ونقل دریایی، مستلزم اصلاحات حقوقی، توسعه زیرساخت‌ها و ارتقای همکاری‌های بین‌المللی در زمینه ایمنی، مسئولیت و بیمه است.

تحلیل تطبیقی مقررات ملی کشورها در پذیرش کشتی‌های هسته‌ای

پذیرش کشتی‌های مجهز به پیش‌رانۀ هسته‌ای در نظام‌های حقوقی ملی، تابعی از سیاست‌های انرژی، الزامات ایمنی، ساختار حقوق دریایی و نگرش عمومی هر کشور نسبت به فناوری هسته‌ای است. کشورهایی که تجربه عملی در بهره‌برداری از کشتی‌های هسته‌ای دارند، از جمله روسیه، فرانسه، ایالات متحده آمریکا و چین، هر یک رویکرد خاصی را در تنظیم مقررات و اجرای رویه‌های نظارتی اتخاذ کرده‌اند که مقایسه آن‌ها می‌تواند به درک بهتر چالش‌ها و ظرفیت‌های حقوقی در سطح بین‌المللی کمک کند.

روسیه به‌عنوان پیشگام در بهره‌برداری تجاری از کشتی‌های هسته‌ای، به‌ویژه در حوزه یخ‌شکن‌های اتمی، ساختار حقوقی نسبتاً منسجمی را برای ثبت، نظارت و بهره‌برداری از این کشتی‌ها ایجاد کرده است. مقررات ملی روسیه، با تکیه بر استانداردهای آژانس فدرال انرژی اتمی و همکاری با آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، الزامات سختگیرانه‌ای را در زمینه طراحی راکتور، آموزش خدمه و مدیریت پسماندهای رادیواکتیو اعمال می‌کند. در مقابل، فرانسه با وجود برخورداری از زیرساخت‌های پیشرفته هسته‌ای، تمرکز خود را بر کشتی‌های نظامی و زیردریایی‌های اتمی معطوف کرده و در حوزه کشتی‌های تجاری هسته‌ای، سیاستی محتاطانه و محدودکننده اتخاذ کرده است. مقررات فرانسه، با تأکید بر اصول ایمنی و مسئولیت مدنی، عبور و پهلوگیری کشتی‌های هسته‌ای خارجی را مشروط به ارزیابی‌های دقیق فنی و زیست محیطی می‌داند. ایالات متحده آمریکا نیز تجربه گسترده‌ای در بهره‌برداری از ناوگان نظامی هسته‌ای دارد، اما در حوزه کشتی‌های تجاری، به دلیل ملاحظات اقتصادی، سیاسی و اجتماعی، توسعه این فناوری را متوقف کرده است. بااین حال، مقررات ایمنی و حقوقی آمریکا، به‌ویژه از طریق کمیسیون تنظیم مقررات هسته‌ای و گارد ساحلی، چارچوبی دقیق برای ارزیابی ریسک، صدور مجوز و نظارت بر کشتی‌های هسته‌ای فراهم کرده‌اند. چین در سال‌های اخیر با سرمایه‌گذاری در فناوری راکتورهای کوچک مدولار و طراحی کشتی‌های تحقیقاتی هسته‌ای، تلاش

کشورهای در حال توسعه و بنادر منطقه‌ای، به‌ویژه در مسیرهای پر تردد دریایی، نیازمند حمایت حقوقی، فنی و مالی برای پذیرش ایمن کشتی‌های هسته‌ای هستند. این کشورها اغلب فاقد زیرساخت‌های نظارتی، تجهیزات فنی و نظام‌های حقوقی منسجم برای مدیریت ریسک‌های هسته‌ای‌اند و در صورت ورود کشتی‌های هسته‌ای به بنادرشان، با چالش‌های جدی مواجه می‌شوند. پیشنهاد می‌شود نهادهای بین‌المللی، برنامه‌های همکاری فنی و حقوقی از جمله تدوین مقررات ملی هماهنگ با استانداردهای جهانی، آموزش کارشناسان حقوقی و فنی و تأمین تجهیزات ایمنی و نظارتی را برای این کشورها طراحی کنند. همچنین ایجاد صندوق‌های بین‌المللی برای جبران خسارات احتمالی و توسعه بیمه‌های منطقه‌ای می‌تواند به ارتقای ظرفیت پذیرش و مدیریت ایمن کشتی‌های هسته‌ای در این کشورها کمک کند. در مجموع، توسعه چارچوب حقوقی جامع، نیازمند رویکردی چندسطحی و مشارکتی است که در آن، منافع فناورانه، زیست محیطی، اقتصادی و انسانی به‌طور همزمان مورد توجه قرار گیرد. تنها از طریق گفت‌وگوی مستمر میان دولت‌ها، نهادهای تخصصی، صنعت حمل‌ونقل دریایی و جامعه مدنی می‌توان به نظامی حقوقی دست یافت که هم بهره‌برداری از انرژی هسته‌ای را تسهیل و هم مخاطرات آن را به‌طور مؤثر مدیریت کند. این مسیر، نه‌تنها به توسعه پایدار حمل‌ونقل دریایی کمک خواهد کرد، بلکه می‌تواند الگویی برای تنظیم مقررات سایر فناوری‌های نو ظهور در عرصه بین‌المللی باشد.



عکس: امیربشارتی