

بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های آبی و مدیریت پایدار آن

پریا پورمحمد^۱، محمدصادق رهبانی^۲

دانشجوی کارشناسی، مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران



rohbani.mohammad@ut.ac.ir / Paria.pormohamad7@ut.ac.ir

چکیده

اکوسیستم‌های آبی برای تنوع زیستی و خدماتی که اکوسیستم ارائه می‌دهد؛ حیاتی هستند. اکوسیستم‌های آبی مستعد تأثیر از تغییرات محیطی هستند، اثرات این تغییرات باعث صدمات جبران‌ناپذیری به این اکوسیستم‌ها می‌شود که حجم عظیمی از تنوع زیستی به آن‌ها وابسته است. در آینده، تغییرات آب‌وهوایی بر اساس پیش‌بینی‌های اقلیمی فعلی، تأثیرات اکولوژیکی قابل توجهی بر اکوسیستم‌های آبی خواهد داشت. یکی از مهم‌ترین و عمده‌ترین اثر تغییر اقلیم بر رژیم جریان آب شیرین است. به‌علاوه تبعات ناشی از تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های آبی، هم از نظر فیزیکی و هم از نظر شیمیایی قابل مشاهده خواهد بود. همچنین در بیشتر موارد، تغییرات اقلیمی همراه با اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی آسیب زیادی به اکوسیستم‌های آبی وارد می‌کند. بعنوان راهکاری عملی بایستی به جای تمرکز بر ارزیابی و بررسی اثرات مخرب، رویکردی مبتنی بر ریسک برای ارزیابی و پاسخ به تغییرات آب و هوا اتخاذ شود. به‌علاوه برای حفاظت از اکوسیستم‌های آبی اقداماتی مانند کاهش برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی، حفظ جریان‌ات آبی، حذف رسوب و... مورد نیاز است تا اکوسیستم‌های آبی تا حد زیادی تحت تأثیر قرار نگیرند.

کلمات کلیدی:

اکوسیستم‌های آبی، تغییرات اقلیمی، آب زیرزمینی، رژیم جریان.

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی به عنوان یک از مهم‌ترین چالش‌های جهان در قرن بیست و یکم در نظر گرفته می‌شود. گرمایش جهانی تأثیر مستقیم و گسترده‌ای بر چرخه هیدرولوژیکی و به تبع آن بر اکوسیستم‌های آبی دارد. (Okuni, Huntington, 2006).

فعالیت‌های انسانی مستقیماً منجر به افزایش چشمگیر انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است که در گرم شدن کره زمین نقش مهمی را ایفا می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود که با روند کنونی، غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر در قرن آینده به دو برابر بیشتر از غلظت آن در دوره انقلاب صنعتی افزایش یابد.

اکوسیستم‌های آبی به خصوص آب‌های شیرین نسبت به تغییرات آب‌وهوایی بسیار حساس هستند؛ زیرا بسیاری از گونه‌های موجود در این زیستگاه‌ها توانایی بسیار کمی در هماهنگی با تغییرات محیطی دارند. برخی مطالعات نیز به بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های آبی پرداخته‌اند.

در یک پژوهش جعفرزاده و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل مفهومی بیلان پرداختند. آن‌ها در این مطالعه، منطقه دشت بیرجند را انتخاب نموده و با استفاده از مدل مفهومی بیلان آبخوان، مبادرت به تخمین تغییرات سطح ایستابی آب زیر زمینی نمودند. نتایج نشان داد که سطح ایستابی در آینده با روند نزولی همراه خواهد شد.

در مطالعات پورمحمدی (۱۳۸۸)، در حوزه آبخیز منشاد- استان یزد، اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب بررسی شد و با توجه به اثرات سوء تغییرات اقلیمی بر منابع آب سطحی حوزه، استفاده از سطوح جمع‌آوری آب از نوع نفوذپذیر با توجه به تحقیقات ضروری است.

مطالعات پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۵)، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی، در منطقه حوزه آبخیز شاهرود، با استفاده از الگوی رفتاری متغیر اقلیمی بارش طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۲، نشان داد که این متغیر پس از سال ۸۱ کاهش یافته و این امر شدت وقوع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این مطالعه از یک سیستم مدل‌سازی بیوفیزیکی و اقتصادی، برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم ناشی از کاهش باران بر منابع آب در دسترس حوزه، استفاده شده است. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی آب آبیاری در حوزه آبخیز مد نظر، در صورت وقوع اقلیم شدید نسبت به اقلیم ملایم، بیشتر است.

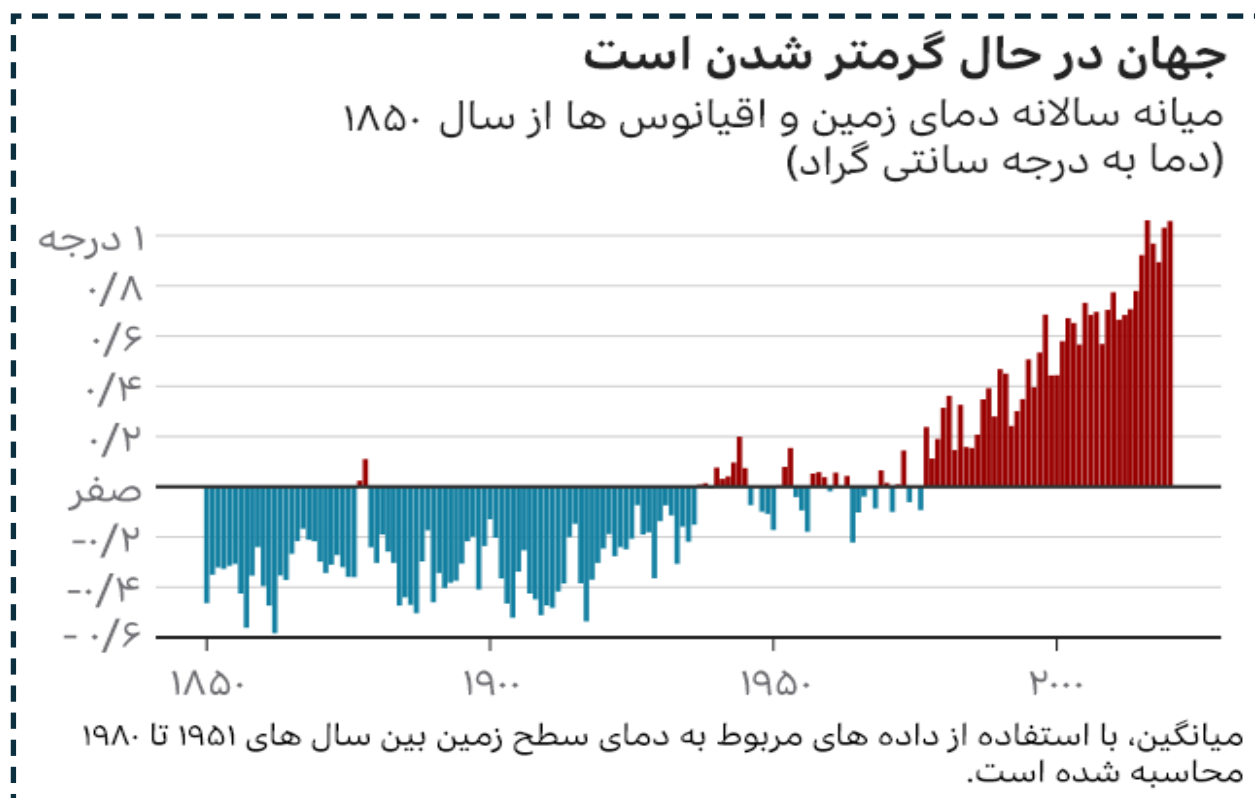
مطالعات انصاری و همکاران (۱۳۹۳)، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تغذیه و سطح آبخوان منطقه بررسی شد. نتایج این تحقیق می‌تواند در قالب سایر سناریوهای اقلیمی و مدل‌های ریز مقیاس‌سازی و تحلیل بارش-رواناب، مورد ارزیابی بیشتر قرار گیرد.

تأثیرات فیزیکی تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های آبی

دما

گرمایش جهانی و به تبع آن افزایش دما منجر به افزایش ذوب یخ‌ها در قطبین می‌شود، این رویداد در حالی‌ست که در برخی مناطق افزایش بارندگی در فصل زمستان، ذوب یخچال‌ها را جبران می‌کند (Arnell et al., 2001). ذوب یخچال‌ها به سرعت تغییر دما بستگی دارد. به عنوان مثال، ارلمانز و همکاران. (۱۹۹۸) در پژوهشی دریافتند که افزایش ۰.۴ درجه سانتی‌گراد در هر دهه، تمام یخچال‌های طبیعی مورد مطالعه آن‌ها را تا سال ۲۱۰۰ میلادی از بین می‌برد، در حالی که افزایش ۰.۱ درجه

سانتی‌گراد در هر دهه تنها به کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصدی حجم یخچال منجر می‌شود. همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به افزایش میانگین دمای هوا می‌شود، با افزایش متوسط دمای سطحی تا سال ۲۱۰۰ میلادی (Houghton et al. ۲۰۰۱). در بسیاری از مناطق، از محدوده دمایی روزانه کاسته می‌شود، زیرا دمای حداقل روزانه هوا بیش از دمای حداکثر روزانه افزایش یافته است (ایسترلینگ و همکاران ۱۹۹۷).



اثر تغییرات اقلیمی بر دمای میانگین کره‌ی زمین

بارندگی

در مناطقی که در عرض‌های جغرافیایی متوسط و زیاد قرار دارند، بارندگی سطحی افزایش می‌یابد و در نواحی استوایی و نیمه‌گرمسیری به طور کلی با کاهش میانگین بارندگی سطحی مواجه هستیم (Easterling et al ۲۰۰۰). همچنین لازم به ذکر است که تغییر در میانگین بارندگی، می‌تواند منجر به ناهماهنگی در رویدادهای بارش شود. ارتباط بین خاک و میزان تغییرات بارندگی را می‌توان از طریق رطوبت خاک تعیین کرد، به‌علاوه حجم رواناب را می‌توان از طریق میزان نفوذپذیری خاک محاسبه کرد. به عنوان مثال، خاک خشک‌تر، کاهش توان نفوذپذیری آب را نشان می‌دهد فلذا احتمال وقوع سیل به دلیل کاهش توان نفوذپذیری خاک افزایش خواهد یافت.

تغییرات در مقدار و جریان آب

تغییرات آب‌وهوایی منجر به تغییرات قابل توجهی در تغذیه آب‌های زیرزمینی نیز می‌شود. میزان تاثیر این تغییرات در اکوسیستم‌های آبی که ورودی آن‌ها از آب‌های زیرزمینی تغذیه می‌کنند، نسبت به آن‌هایی که وابسته به بارش هستند بسیار

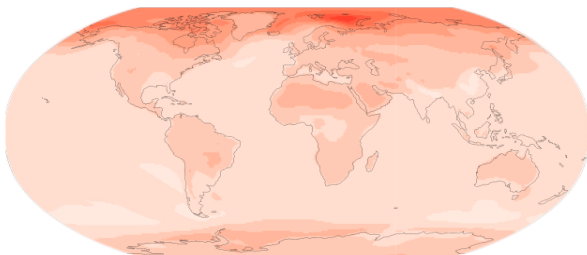


کمتر است. در مناطق گرمسیری و خشک، جریان آب در درجه اول به بارندگی بستگی دارد. در رودخانه‌های نواحی گرمسیری، بارش‌های شدید فصلی از توانایی طبیعی نفوذپذیری خاک فراتر رفته و منجر به ایجاد رواناب سطحی می‌شود (پرینگل ۲۰۰۰). گرمایش جهانی از طریق اثر بر ذوب یخچال‌های قطبین و پراکنش بارندگی در مناطق با عرض جغرافیایی بالاتر، بر جریان آب تأثیر می‌گذارد. در بخش‌های وسیعی از اروپای شرقی، روسیه، کانادا و کالیفرنیا تغییر عمده‌ای در جریان رودخانه‌ها از بهار تا زمستان مشاهده می‌شود، زیرا گرمایش جهانی و افزایش دما باعث می‌شود که بارندگی به‌جای برف به‌صورت باران ببارد (دیتینگر و کایان ۱۹۹۵؛ وست ماکات و برن ۱۹۹۷). حتی در غیاب افزایش بارندگی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها در مناطق گرمسیری و معتدل ممکن است به دلیل ذوب یخچال‌ها افزایش جریان را تجربه کنند.

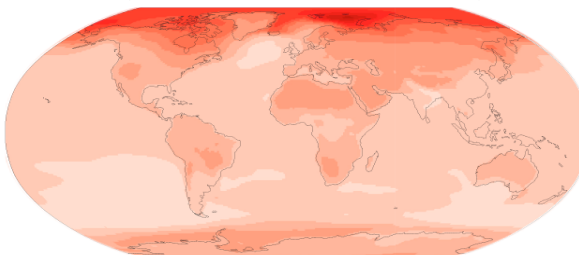
جهان چگونه گرم‌تر می‌شود

برآورد میانگین سالانه تغییر دمای زمین نسبت به سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۰۰، در میزان‌های مختلفی از گرمایش

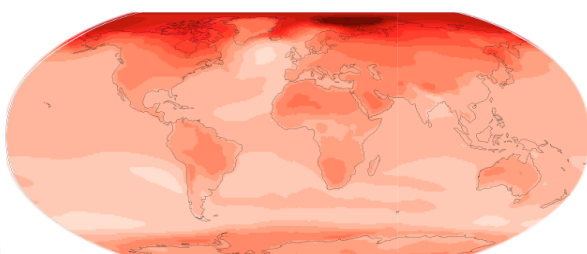
گرمایش جهانی ۱ درجه



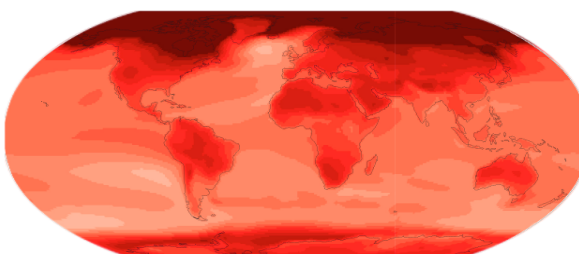
گرمایش جهانی ۱/۵ درجه



گرمایش جهانی ۲ درجه



گرمایش جهانی ۴ درجه



جهان چگونه گرم‌تر می‌شود؟

تأثیر بر ترکیب و پویایی جوامع زیستی

ترکیب بسیاری از جوامع زیستی ممکن است به دلیل تفاوت در تحمل حرارتی و تعامل بین گونه‌ها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی تغییر کند. تغییرات آب‌وهوایی ممکن است بر گونه‌های متحرک و غیرمتحرک تأثیرات متفاوتی بگذارد که منجر به

تغییر در توزیع گونه‌ها شود.

محققین پیش‌بینی می‌کنند که گرم‌شدن کره‌ی زمین، به ویژه در نواحی معتدل و گرمسیری، گسترش گونه‌های غیربومی را تسهیل می‌کند. (Stachowicz et al. ۲۰۰۲). بسیاری از جانورانی که نمی‌توانند با افزایش دما سازگار شوند، از مناطق گرم به مناطق سرد مهاجرت می‌کنند.

پیش‌بینی اینکه آیا گیاهان و جانوران قادر به مهاجرت سریع با توجه به تغییرات آب‌وهوایی هستند، بسیار دشوار است (Malcolm and Markham ۲۰۰۰). بعنوان مثال، بیشتر ماهیان بومی به دلیل افزایش دما و عدم مهاجرت به شمال منقرض می‌شوند (متیو و زیمرمن ۱۹۹۰). بنابراین تغییرات آب‌وهوایی به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر اکوسیستم‌های آبی و جوامعی که در این اکوسیستم‌ها زندگی می‌کنند، تأثیر می‌گذارد.

اثرات تغییر اقلیم بر دریاچه‌ها اثر فیزیکی

افزایش میانگین دمای کره‌ی زمین منجر به افزایش دمای آب و تبخیر آن در بسیاری از دریاچه‌ها در مناطق معتدل و گرمسیری می‌شود (Schindler ۲۰۰۱؛ Zinyowera et al. ۱۹۹۸). اگر سطح آب دریاچه‌ها کاهش یابد، زیستگاه مهم تخم‌ریزی و پرورش آبزیان و جانوران از بین می‌رود (Tyedmers and Ward ۲۰۰۱) بعلاوه تغییرات چشمگیری نیز در مسیر خروج آب از دریاچه‌ها ایجاد می‌شود.

برخی از دریاچه‌هایی که جریان آب خروجی را به دریاچه‌های پایین دست انتقال می‌دهند ممکن است تحت تأثیر این رویداد به دریاچه‌هایی شور تبدیل شوند (Schindler ۲۰۰۱). دریاچه‌های معتدل تغییرات فصلی بیشتری را در دمای آب نسبت به دریاچه‌های گرمسیری نشان می‌دهند. دریاچه‌هایی که در ارتفاعات بالاتر قرار دارند به صورت فصلی لایه‌بندی حرارتی را تجربه می‌کنند که در زمستان با یخ پوشانده می‌شود و در تابستان با گرم‌شدن لایه‌های بالایی آب، شیب حرارتی را ایجاد می‌کند.

خشک‌سالی و کاهش جریان آب زیرزمینی، ممکن است برخی دریاچه‌ها را مستعد اسیدی شدن کند، زیرا آب‌های زیرزمینی اغلب حاوی مواد شیمیایی اسیدی خنثی‌کننده هستند. با این حال، تعادل شیمیایی دریاچه‌ها ممکن است تحت تأثیر تغییرات دمایی و بارندگی به نحوی تغییر کند که پیش‌بینی آن بسیار دشوار باشد.

اثر بیولوژیکی

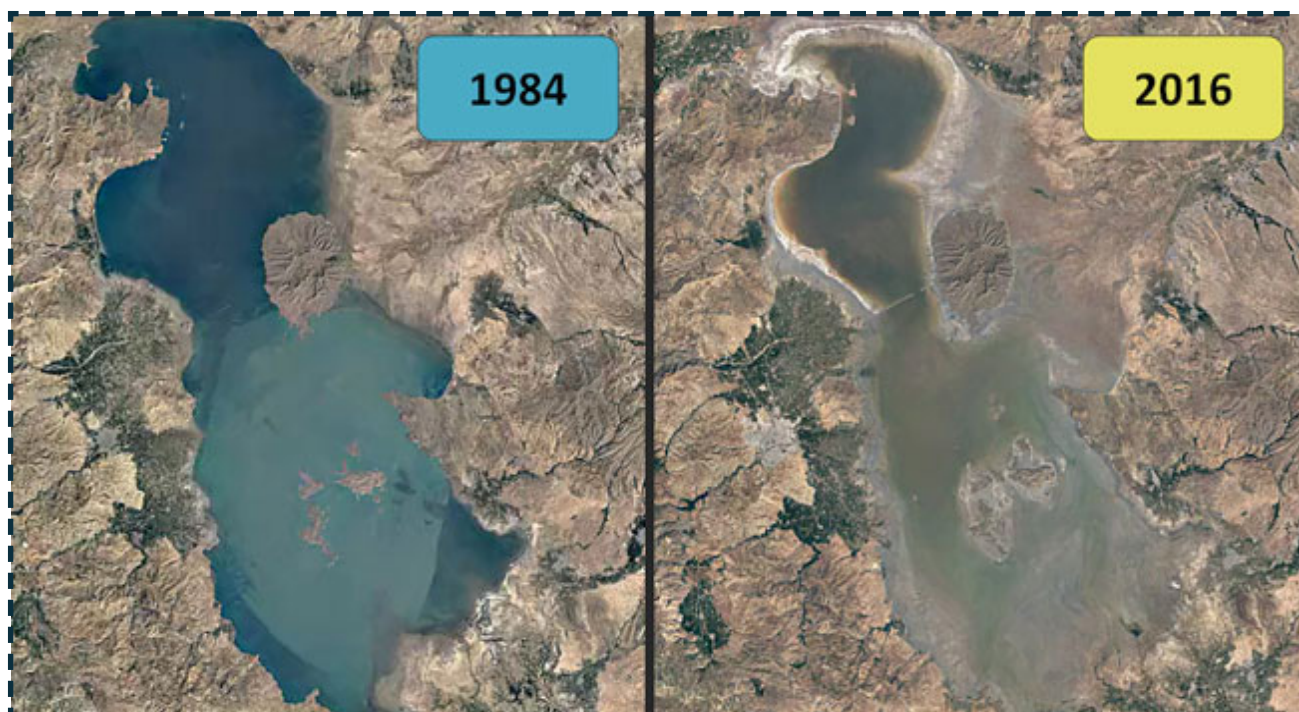
گرمایش جهانی باعث تغییراتی در لایه بندی فیزیکی و حرارتی دریاچه‌های نواحی معتدل می‌شود و در نتیجه جوامع زیستی این زیستگاه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در فصل بهار و پاییز، درجه حرارت مطلوب‌تر است و سرعت رشد ماهیان بالا است. سطح بالایی دریاچه در طول تابستان بسیار گرم می‌شود، بنابراین ماهی‌های سردآبی به سطوح پایینی دریاچه که خنک‌تر است، مهاجرت می‌کنند.

علاوه بر این، گرم‌شدن آب‌وهوا باعث دوره‌های طولانی‌تر طبقه‌بندی حرارتی می‌شود فلذا ماهی‌های سردآبی برای مدت طولانی‌تری در لایه‌های زیرین دریاچه محدود می‌شوند که به نوبه خود باعث کاهش سطح لایه زیرین دریاچه و افزایش رقابت برای غذا می‌شود (Shuter and Meisner 1992). افزایش دمای دریاچه منجر به افزایش نیازهای متابولیکی جوامع زیستی



نیز می‌شود.

به طور کلی، تغییرات آب‌وهوایی، نرخ رشد را کاهش می‌دهد و مرگ‌ومیر ناشی از گرما را تقریباً در تمام ماهی‌های سردآبی افزایش خواهد داد. (Tyedmers and Ward ۲۰۰۱). اگر مهاجرت گونه‌ها به سمت قطب ممکن شود، فصل رشد را طولانی‌تر می‌شود و دسترسی به زیستگاه را به صورت محلی و منطقه‌ای افزایش می‌دهد (Shuter and Meisner ۱۹۹۲).



اثر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر دریاچه ارومیه

تأثیر تغییر اقلیم بر رودخانه‌ها

اثرات تغییر آب‌وهوا بر روی رودخانه‌ها، با توجه به عرض جغرافیایی بسیار متفاوت است. رودخانه‌های نواحی معتدل، مانند دریاچه‌های این نواحی، عمدتاً تحت تأثیر تغییرات دما قرار می‌گیرند، در حالی که تغییرات در زمان و کمیت بارش می‌تواند اثرات چشمگیری بر رودخانه‌های گرمسیری داشته باشد.

اثرات فیزیکی

افزایش دمای اتمسفر، به دلیل نسبت سطح به حجم بالا، به شدت بر دمای آب در بسیاری از رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارد (Tyedmers and Ward ۲۰۰۱). گرمایش جهانی باعث افزایش دمای آب در سراسر رودخانه می‌شود، در نتیجه کاهش سطح اکسیژن نیز روی می‌دهد. رودخانه‌های در عرض جغرافیایی بالا، دوره‌های کوتاه‌تری از پوشش و شکسته شدن زودتر یخ را تجربه می‌کنند (Magnuson et al. ۲۰۰۰).

رژیم جریان یکی از اجزای حیاتی اکوسیستم رودخانه است. میانگین جریان ممکن است بسته به تغییرات در میانگین بارش، تبخیر، رطوبت خاک و تغذیه آب زیرزمینی افزایش یا کاهش یابد، اما تغییرات فصلی در جریان ممکن است برای اکوسیستم‌های آب شیرین مهم‌تر باشد (Carpenter et al. ۱۹۹۲). به دلیل تغییرات اقلیمی، ذوب برف‌های بهاری زودتر

اتفاق می‌افتد، هم‌چنین جریان‌های زمستانی در مناطقی که بارش به جای برف به صورت باران می‌بارد، نیز افزایش می‌یابد. در مناطقی که بارندگی افزایش می‌یابد، جریان رودخانه‌ها نیز در حجم افزایش یافته و در نتیجه وقوع سیلاب‌ها بیشتر می‌شود. اما در نواحی که بارندگی کاهش می‌یابد، حجم جریان کاهش یافته بنابراین کاهش رواناب باعث کاهش غلظت مواد آلی در رودخانه‌ها می‌شود.

البته لازم به ذکر است که افزایش تبخیر می‌تواند منجر به کاهش جریان رودخانه، حتی در غیاب تغییرات بارندگی شود. نهرهای تابستانی و زودگذر در مناطق خشک بیشتر در معرض خشک شدن هستند. کاهش رویداد سیل طبیعی می‌تواند بسیاری از اثرات فیزیکی مفید سیل، مانند ایجاد زیستگاه دشت سیلابی، تعیین شکل کانال رودخانه را از بین ببرد.

اثرات بیولوژیکی

در رودخانه‌های مناطق گرمسیری، فصول بارانی منجر به تغییرات فصلی و مورد انتظار در بارندگی و جاری شدن سیل سالانه در مراتع و جنگل‌های مجاور می‌شود. این موارد به نوبه خود زمینه‌های تغذیه و پرورش فراوان ماهی را فراهم می‌کند.

آبخیزداری

افزایش جمعیت منجر به افزایش جنگل‌زدایی و توسعه صنعتی در داخل حوزه‌های آبخیز می‌شود. قطع درختان در اطراف محیط‌های آبی تأثیرات منفی بر بدنه‌های این اکوسیستم‌ها دارد. وجود پوشش گیاهی در نزدیکی آب‌های جاری، نفوذ زباله‌های مختلف را در آن کاهش می‌دهد. علاوه بر این، از دست دادن سپر طبیعی (سایه درختان) در برابر نور مستقیم خورشید، دمای آب را افزایش می‌دهد، که یکی از دلایل گرمایش جهانی است.

احیاء اکوسیستم‌های تخریب‌شده، تعهد بزرگی برای محیط‌های آبی به شمار می‌رود. برای رسیدن به آن از طریق فراهم کردن دستگاه‌هایی برای بهبود سطح ایمن محیط‌های آبی از آسیب‌های بیشتر ناشی از تغییرات آب‌وهوایی می‌توان عمل کرد. مشکلات بیان شده در اکوسیستم‌های آبی می‌تواند تنها پتانسیل تغییر آب‌وهوا باشد. بنابراین، آگاهی از طرح‌های احیاء این اکوسیستم‌ها می‌تواند ایده‌های کاربردی در مورد چشم‌انداز بازگشت از تغییرات آب‌وهوا دست بدهد. سیاست‌های مدیریتی منفعل و تاخیری مثل تنظیم شیوه‌های مدیریتی بر اساس آموخته‌های گذشته است، در حالی که شیوه‌های مدیریتی پرانرژی و فعال بیشتر شبیه انجام یک آزمایش علمی طراحی شده است.

نظارت بر تغییر گونه‌ها و خصوصیات

قبل از انتخاب یک استراتژی سازگار با تغییرات اقلیمی، یکی از مراحل مهم، تمایز چرخه زندگی، گونه‌ها، جامعه و کیفیت آب‌هایی است که عمدتاً تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی یا رویدادهای شدید آب‌وهوایی هستند (Solomon ۱۹۹۴). مطالعه و نظارت بر این ویژگی‌های فیزیکی می‌تواند به ایجاد طیف وسیعی از شیوه‌های مدیریتی کمک کند.

استراتژی حفاظت از آب شیرین

یکی از تهدیدات بالقوه برای اکوسیستم‌های آب شیرین، افزایش نیاز آبی انسان، به دلیل رشد و توسعه جمعیت است. تغییرات آب‌وهوا همراه با فشار ناشی از استخراج بیش از حد آب، همزمان با هم عمل می‌کنند، در نتیجه تأثیرات تغییر اقلیم را بر موجودات آبی افزایش می‌دهند. IPCC استفاده از مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) را برای انطباق با افزایش تقاضای



نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی امروزه نه تنها برای جامعه علمی، بلکه برای مردم تمام مناطق جهان نگران‌کننده است. افزایش جمعیت انسانی، صنعتی شدن جوامع، اعمال غیرعلمی و کشاورزی فشار زیادی را بر نهادهای مرتبط با اقلیم وارد کرده است. سوزاندن سوخت‌های فسیلی، استفاده بیش از اندازه از وسایل نقلیه، ساخت سدهای مصنوعی به طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای (GHGs) موجود در جو می‌شود. افزایش غلظت این گازها در اتمسفر باعث افزایش اثر گلخانه‌ای می‌شود که تأثیرات متعددی بر اکوسیستم‌های آب شیرین دارد.

تغییرات اقلیمی نه تنها باعث افزایش دما در اکوسیستم‌های آبی می‌شود، بلکه تأثیرات منفی بسیاری بر کیفیت آب شیرین نیز دارد. نفوذ گونه‌های گیاهی و جانوری جدید، تغییر فصل، مدت و پراکنش بارندگی و افزایش غیرمنتظره بار میکروبی از تأثیرات بارز تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های آبی است.

در حال حاضر تردیدی وجود ندارد که افزایش فعالیت‌های انسانی، به نحوی مسئول تغییرات اقلیمی است که تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر اکوسیستم‌های آب شیرین دارد. بنابراین، اولویت باید به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر داده شود.

منابع

۱. انصاری، ثمین، مساح بوانی، علیرضا، روزبهانی، عباس، (۱۳۹۵)، "بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تغذیه آب زیرزمینی"، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۰، شماره ۲.
۲. پرهیزکاری، ابودر، محمودی، ابوالفضل، شوکت فدایی، محسن، (۱۳۹۶)، "ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود"، مجله‌ی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۹، شماره ۱.
۳. پورمحمدی، سمانه، (۱۳۸۸)، "اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و ارائه راهکارهای مدیریتی"، همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
۴. جعفرزاده، احمد، خاشمی سیوکی، عباس، شهیدی، علی، (۱۳۹۸)، "بررسی اثرات تغییر اقلیم بر سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل مفهومی بیان"، مجله‌ی مهندسی منابع آب، سال یازدهم.
۵. منتظری، مریم، فهمی، هدایت، (۱۳۸۲)، "اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب کشور"، سومین کنفرانس بین‌المللی و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.
6. Arnell, N., Liu, C., et al. (2001). Chapter 4: Hydrology and water resources. In J. Mc-Carthy, O. Canziana, N. Leary, D. Dokken, & K. White (Eds.), *Climate change (2001): Impacts, adaptation, and vulnerability* (pp. 191–233). Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
7. Carpenter, S. R., Fisher, S. G., Grimm, N. B., & Kitchell, J. F. (1992). Global change and freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 119–139.
8. Dettinger, M. D., & Cayan, D. R. (1995). Large-scale forcing of recent trends toward early snowmelt runoff in California. *Journal of Climate*, 8, 606–623.
9. Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., & Follard, C. K. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 277, 364–367.
10. Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (2000). Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science*, 289, 2068–2074.
11. Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., & Xiaosu, V. (Eds.) (2001). *Climate change: The scientific basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change: Working Group I. Cambridge: Cambridge University Press. 881 pp.
12. Huntington, T. G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319, 83–95.
13. Magnuson, J. J., Robertson, D. M., Benson, B. J., Wynne, R. H., Livingstone, D. M., Arai, T., Assel, R. A., Barry, R. G., Card, V., Kuusisto, E., Granin, N. G., Prowse, T. D., Stewart, K. M., & Vuglinski, V. S. (2000). Historical trends in lake and river cover in the Northern Hemisphere. *Science*, 289, 1743–1746.



14. Malcolm, J. R., & Markham, A. (2000). Global warming and terrestrial biodiversity decline. A report prepared for the WWF. http://www.panda.org/downloads/climate_change/speedkills_c6s8.pdf.
15. Matthews, W. J., & Zimmerman, E. G. (1990). Potential effects of global warming on native fishes of the southern Great Plains and the southwest.
16. Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313, 1068–1072.
17. Pringle, C. M. (2000). River conservation in tropical versus temperate latitudes. In P. J. Boon, B. R. Davies, & G. E. Petts (Eds.), *Global perspectives on river conservation: Science, policy and practice* (pp. 371–384). West Sussex: Wiley.
18. Schindler, D. W. (2001). The cumulative effects of climate warming and other human stresses on Canadian freshwaters in the new millennium. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(18), 29.
19. Shuter, B. J., & Meisner, J. D. (1992). Tools for assessing the impact of climate change on freshwater fish populations. *Geo Journal*, 28(1), 7–20.
20. Solomon, A. M. (1994). Management and planning of terrestrial parks and reserves during climate change. In J. Pernetta, R. Leemans, D. Elder, & S. Humphrey (Eds.), *Impacts of climate change on ecosystems and species: Implications for protected areas* (pp. 1–12).
21. Stachowicz, J. J., Terwin, J. R., Whitlatch, R. B., & Osman, R. W. (2002). Linking climate change and biological invasions: Ocean warming facilitates non-indigenous species invasions.
22. Tyedmers, P. C., & Ward, B. (2001). A review of the impacts of climate change on BC's freshwater fish resources and possible management responses. *Fisheries Centre Research Reports*, 9(7), 1–12.
23. Westmacott, J. R., & Burn, D. H. (1997). Climate change effects on the hydrologic regime within the Churchill-Nelson River Basin. *Journal of Hydrology*, 202, 263–279.
24. Zinyowera, M. C., Jallow, B. P., Maya, R. S., Okoth-Ogendo, H. W. O., et al. (1998). Africa. In R. T. Watson, M. C. Zinyowera, R. H. Moss, & D. J. Dokken (Eds.), *The regional impacts of climate change; An assessment of vulnerability, A special report of IPCC Working Group II* (pp. 30–84). Cambridge: Cambridge University Press.

