

خصوصیات و تغییرات فصلی pH در فلات قاره جنوبی دریای خزر

چکیده

محیط زیست دریای خزر در اثر بهره‌برداری عظیم انسانی و تخلیه مقادیر زیادی از فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی تحت فشار بسیار زیاد است. مواد زائد ناشی از فعالیت انسانی از طریق ورودی رودخانه‌ها، و با ورود مستقیم به دریای خزر ریخته شده و محیط زیست دریایی و اکوسیستم دریای خزر را تهدید می‌کنند. ورود مقادیر عظیم آلاینده‌ها به دریای خزر به لزوم شناخت فیزیکی شیمیایی آب این دریا اهمیت خاصی می‌دهد و این در حالی است که اندازه‌گیری‌ها خصوصیات فیزیکی شیمیایی در دریای خزر، بخصوص در سواحل ایران بسیار کم هستند. در این مقاله خصوصیات pH در مجاورت ایران و در آبهای منطقه جنوبی دریای خزر، در تابستان ۱۳۸۲ و بهار و پاییز ۱۳۸۳، با اندازه‌گیری‌های انجام شده بررسی و ارائه شده است. این نتایج به‌عنوان اطلاعات پایه در ارزیابی محیط زیستی سواحل جنوبی دریای خزر از اهمیت برخوردار هستند. در تابستان، زمانی که حداکثر درجه حرارت آب و شدت ترموکلاین فصلی بالاترین درجه را نشان می‌دهد مقادیر pH مشاهده شد و در سطح آب بیشتر ۸/۴ تا ۸/۴ بوده و در عمق ۸۰ متر و بیشتر برابر با ۸/۲ مشاهده شد. در پاییز و در زمان عمیق شدن لایه سطحی و فرسایش ترموکلاین فصلی، مقادیر pH مشاهده شده نسبت به تابستان کاهش نشان داد و در سطح آب در خارج از فلات قاره بیشتر ۸/۲۵ بوده و در روی فلات قاره در منطقه مورد مطالعه بین ۸/۳ تا ۸/۳۵ مشاهده شد و با افزایش عمق بتدریج کاهش یافت. در بهار، در زمان تشکیل مجدد ترموکلاین فصلی (پس از رفتن آن در زمستان)، درجه حرارت کم و بیشترین ورودی آب رودخانه‌های محلی، pH در سطح آب بیشتر ۸/۲۵ بوده، و در ۳۰ متر عمق به ۸/۲ کاهش یافت. نتایج ارائه شده نشان دهنده تغییرات فصلی pH در فلات قاره و مناطق ساحلی خزر در اثر تغییرات فصلی درجه حرارت و ساختار حرارتی ستون آب، خصوصیات ترموکلاین فصلی، خصوصیات و میزان آب ورودی رودخانه‌های محلی و شدت پروسه‌های تولید، یا تجزیه است.

کلید واژه

دریای خزر، pH، تغییرات فصلی، محیط زیست دریایی

سر آغاز

دریای خزر بزرگ‌ترین توده آبی محصور در روی کره زمین با محیط زیست طبیعی یگانه دارای اهمیت بسیار برای جهان و بخصوص کشورهای اطراف آن است. وجود منابع بزرگ نفتی در داخل، و یا نزدیک به دریای خزر موجب رشد صنعت نفت در منطقه خزر و تبدیل این صنعت به منبع اصلی اقتصادی برای کشورهای اطراف خزر شده است. ماهیگیری و تولید خاویار دومین صنعت مهم دریای خزر است و در سالهای اخیر حدود ۸۵٪ استحصال جهانی خاویار از این دریا آمده و ماهیان خاویاری این دریا به‌عنوان فسیل‌های زنده از اهمیت بالای نویسنده مسئول: دکتر سید علی حسینی

بیولوژیکی، اکولوژیکی، ژنتیکی و تجاری برخوردارند. Karpinsky, et al., (2005; Zonn, 2005b; Dumont, 1998).

محیط زیست دریای خزر در اثر بهره‌برداری عظیم انسانی و تخلیه مقادیر زیادی از فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی تحت فشار بسیار زیاد است. فلزات سنگین، هیدروکربن‌های نفتی، حشره‌کش‌ها، مواد مغذی مانند فسفر و نترات و سایر مواد زائد انسانی از طریق ورودی رودخانه‌ها، و یا ورود مستقیم به دریای خزر ریخته و محیط زیست دریای خزر را تهدید می‌کنند. به‌طور کلی، در هر نوع مطالعه آلودگی در دریای خزر مناطقی با

فلات قاره در حدود ۹ کیلومتر و عمق در منطقه شکست فلات قاره حدود ۴۵ متر بوده و پس از آن سرعت به ۵۰۰ متر در فاصله حدود ۱۸ کیلومتر از ساحل افزایش می‌یابد. در منطقه بابلسر رودخانه بابلرود به دریا می‌ریزد و منطقه کیشهر در مجاورت دهانه سپیدرود (پرآب‌ترین رود جنوب دریای خزر) قرار گرفته است و آب این دو رودخانه مناطق مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مناطق جنوبی دریای خزر دارای آب و هوای سابتروپیکال با تابستان‌های مرطوب و گرم و زمستان‌های معتدل هستند (kosarev, 2005; kosarev, and Yablonskaya, 1994). ماکزیمم درجه حرارت هوا در ماه مرداد با متوسط روزانه درجه حرارت ۲۶/۵ درجه سانتیگراد و حداقل آن در ماه بهمن با متوسط روزانه ۹/۸ درجه سانتیگراد مشاهده می‌شود. بادهای در جهت شمالی و شمال غربی پایدارترین بادهای دریای خزر بوده و بادهای غالب در بخش عمده‌ای از سال هستند (kosarev, 2005). در بخش جنوبی دریای خزر بادهای قوی بندرت مشاهده می‌شوند و بادهای ضعیف ۹۰٪ زمان وقوع را به خود اختصاص داده اند. در این ناحیه روزهای طوفانی (باد با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه) بیشتر از ۲۰ تا ۳۰ روز در سال نیستند (kosarev, 2005). درجه حرارت سطحی آب در بخش جنوبی دریای خزر دارای حداقل ۹ تا ۱۲ درجه در بهمن و ماکزیمم بیش از ۲۷ درجه در ماه مرداد است و تغییرات فصلی درجه حرارت آب محدود به ۱۰۰ متر بالای آب است (Tuzhilkin and kosarev, 2005). شوری در بخش جنوبی دریای خزر بین ۱۲ تا ۱۳ تغییر می‌کند (kosarev, and Yablonskaya, 1994). ساختار درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه با یک ترموکلاین شدید در تابستان در اعماق ۲۰ تا ۵۰ متر مشخص می‌شود. در فصل پاییز با عمیق شدن لایه سطحی بتدریج ضخامت ترموکلاین کاهش یافته و در نیمه دوم زمستان ترموکلاین از بین می‌رود و مجدداً از ابتدای بهار تشکیل ترموکلاین فصلی شروع می‌شود. شوری در منطقه مورد مطالعه دارای تغییرات عمودی و افقی کم بوده و بیشتر بین ۱۲ تا ۱۲.۳ تغییر کرده و دارای تغییرات کم فصلی است (Zaker, et al., 2008a and b).

خصوصیات pH در دریای خزر

دریای خزر دارای سه بخش اصلی شمالی، میانی و جنوبی است که بخش شمالی خزر با دو بخش میانی و جنوبی خزر از نظر خصوصیات هیدرولوژیکی و اکولوژیکی بسیار متفاوت هستند (Kosarev, 2005).

آلودگی بالا در مقیاس مکانی و زمانی محدود مشاهده شده‌اند (Zonn, 2005a; Korshenko, and Gul, 2005).

توزیع و تغییرات pH از اهمیت زیاد در مطالعات کیفیت آب و خصوصیات اکولوژیکی محیط‌های آبی برخوردار است. pH آب تعیین‌کننده میزان توانایی حلالیت آب و همچنین توانایی در دسترس بودن مواد شیمیایی آب مانند نوترینت‌ها و فلزات سنگین برای فعالیت‌های بیولوژیکی است. میزان مصرف نوترینت‌ها توسط حیات دریایی بستگی به pH آب دارد و همچنین میزان محلول بودن و در نتیجه سمی بودن فلزات سنگین بستگی به pH آب داشته و فلزات در آب با pH کمتر، به‌علت افزایش محلولیت، بیشتر سمی هستند.

اولین اقدامات برای تعیین pH در دریای خزر در اوایل دهه ۱۹۳۰ توسط برویج Bruevich انجام شد (Tuzhilkin, et al., 2005) و پس از آن اندازه‌گیری‌های میدانی pH آب در دریای خزر توسط متخصصان روسی بیشتر در بخش شمالی و در مرحله بعد در بخش آب عمیق خزر میانی و جنوبی ادامه یافته است. در منطقه جنوبی دریای خزر و در مجاورت ایران اندازه‌گیری‌ها و داده‌های میدانی خصوصیات فیزیکی شیمیایی، از جمله pH بسیار محدودند و به این لحاظ کمبود اساسی در شناخت‌های لازم مرتبط با مسائل بیولوژیکی و محیط زیستی وجود دارد. همچنین کمبود این اطلاعات امکان بررسی تغییرات محیطی، در آینده با مشکل روبرو می‌کند. در این مقاله با استفاده از اندازه‌گیری‌های pH در بخش شرقی و غربی سواحل جنوبی دریای خزر، در مجاورت ایران در تابستان ۱۳۸۲ و بهار و پاییز ۱۳۸۳ تا عمق ۲۰۰ متر محدوده تغییرات pH در عمق و همچنین تغییرات فصلی pH در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در شرق ساحل جنوبی دریای خزر در حد فاصل بابلسر و سرخه حصار در استان مازندران و در غرب ساحل جنوبی دریای خزر در ساحل کیشهر در مجاورت دهانه سپیدرود حصار در استان گیلان واقع شده‌اند (شکل شماره ۱). عرض فلات قاره در سواحل بابلسر در حدود ۱۰ کیلومتر بوده و شیب از ساحل به‌صورت ملایم به عمق ۵۰ متر در منطقه شکست فلات قاره رسیده و پس از آن شیب فلات قاره شروع شده، عمق سرعت افزایش یافته و به ۴۰۰ متر در حدود ۱۸ کیلومتر از ساحل می‌رسد. در منطقه کیشهر عرض

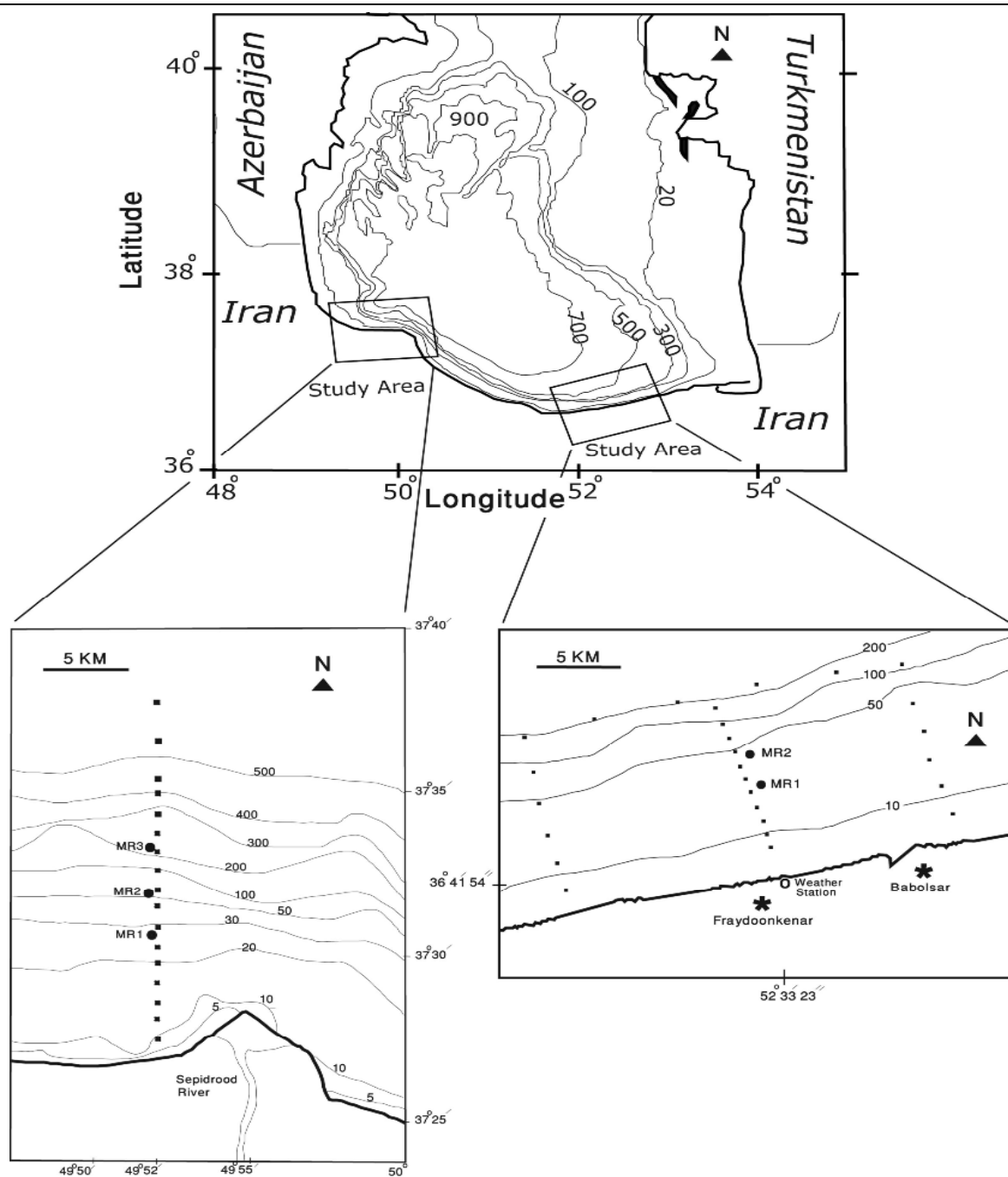
بالای سطح متوسط دریا مشاهده شد. این نوع ساختار دارای خصوصیت افزایش مقادیر pH در لایه ۲۰ متر سطح آب و کاهش سریع pH به مقادیر ۷/۷ تا ۷/۹ در لایه نزدیک کف دریاست. نوع دیگر ساختار عمودی pH در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، در حالت شدت کم تخلیه روخانه‌ای و تراز پایین سطح متوسط دریا مشاهده شد. این نوع ساختار با همگونی و یکنواختی عمودی زیاد pH بخصوص در خزر میانی مشخص می‌شود. در دهه‌های سابق‌الذکر، مقادیر pH در لایه سطحی به اندازه ۰/۵ تا ۰/۱۵ کمتر از مقادیر pH در سالهای است که تراز آب خزر بالا بوده است. همچنین کاهش در مقادیر pH با افزایش عمق به صورت چشمگیری آهسته‌تر است. تغییرات و تفاوت‌های فوق دارای منشأ مربوط به تغییرات چندین سالانه در خصوصیات تبادلات اکسیژن بین اتمسفر و دریا و پروسه‌های تولید-تجزیه در ستون آب دریای خزر هستند (Tuzhilkin, et al., 2005).

روش اندازه‌گیری

اندازه‌گیری pH در مطالعه اخیر با استفاده از سنسور pH نصب شده در دستگاه CTD مدل Ocean Seven 316 شرکت ایتالیایی ایدروناوت Idronaut انجام گرفت که دارای دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ pH است. اندازه‌گیری‌ها با رها کردن دستگاه CTD با سرعت یک متر بر ثانیه (تنظیم سرعت توسط وینچ با توانایی تنظیم سرعت) در ستون آب و هر ثانیه یک اندازه‌گیری انجام شد. پروفیل‌های pH در منطقه شرق ساحل جنوبی دریای خزر در تابستان سال ۱۳۸۲ و بهار ۱۳۸۳ و در منطقه غرب ساحل جنوبی دریای خزر در پاییز ۱۳۸۳ انجام و ارائه شده‌اند. اندازه‌گیری‌ها در منطقه شرق در ۲۷ ایستگاه واقع در ۴ ترانسکت انجام شد شکل شماره (۱)، سه عدد از ترانسکت‌های فوق در امتداد عمود بر ساحل و یک عدد ترانسکت در جهت موازی ساحل واقع هستند. در این اندازه‌گیری‌ها فاصله مکانی ایستگاههای اندازه‌گیری در ترانسکت عمود بر ساحل وسط یک کیلومتر، در ترانسکت‌های عمودی کناری سه کیلومتر و در ترانسکت موازی ساحل پنج کیلومتر است. در منطقه غرب دریای خزر اندازه‌گیری‌ها در ترانسکت عمود بر ساحل در ۱۷ ایستگاه انجام پذیرفت. در این ترانسکت فاصله مکانی ۱۵ ایستگاههای اول یک کیلومتر و دو ایستگاه آخر دو کیلومتر است (شکل شماره ۱).

اختلافات پیش‌گفته باعث تفاوت در خصوصیات pH و تغییرات فصلی و سالانه آن به‌خصوص بین بخش شمالی دریای خزر با عمق کم (۵-۶ متر)، کدورت بالا و در معرض ورود حجم عظیم آب رودخانه ولگا (Tuzhilkin, and kosarev, 2005) با بخش‌های خزر میانی و جنوبی با عمق زیاد می‌شود.

اولین مطالعات در مورد pH آب دریای خزر در اوایل دهه ۱۹۳۰ توسط برویج Bruevich نشان داد که در دریای خزر مقادیر pH به‌صورت اساسی بزرگ‌تر از آبهای سایر نواحی در اقیانوس‌های جهان است (Tuzhilkin, et al., 2005). در شمال دریای خزر، تغییرات فصلی pH بزرگ است. بیشترین مقادیر pH در ماه مرداد مشاهده می‌شوند که مربوط به انباشت آثار تخلیه رودخانه‌ها همراه با تلاطم فتوسنتز شدید فیتوپلانکتون‌هاست. افزایش رشد فیتوپلانکتون‌ها منجر به جذب CO₂ و زنجیره‌ای از اندرکنش‌هایی می‌شود که اتم‌های هیدروژن آزاد آب دریا را گرفته و موجب کاهش اسیدیته و افزایش pH می‌شود. در پاییز، در زمانی که پروسه‌های تجزیه (اکسیداسیون) بر پروسه‌های تولید غالب می‌شوند و آبهای شمال دریای خزر با گاز کربنیک آزاد غنی می‌شوند، مقادیر pH کاهش می‌یابد. در انتهای تابستان، در اثر غالب شدن پروسه‌های تجزیه در لایه نزدیک کف در بخش جنوب غربی فلات قاره خارجی شمال دریای خزر، مقادیر pH به ۸/۲-۸/۰ و در بعضی از سالها حتی به ۷/۸ سقوط می‌کند (Tuzhilkin, et al., 2005). در بخش آب عمیق خزر میانی و جنوبی، در زمان زمستان مقادیر حداقل pH در لایه سطحی محدود به بخش جنوب غربی خزر میانی هستند. افزایش مقادیر pH در شمال این منطقه مربوط به اثر تخلیه رودخانه ولگا است، در حالی که افزایش آن در جهت به سمت جنوب ناشی از اثر افزایش درجه حرارت است. در بخش آب عمیق خزر میانی و جنوبی در تابستان، نواحی با کاهش مقادیر pH بیشتر در سواحل شرقی خزر میانی و جنوبی قرار دارند که این کاهش با دور بودن حداکثر این نواحی از منابع آب تازه و کاهش درجه حرارت ناشی از آپولینگ توضیح داده می‌شود (Tuzhilkin, et al., 2005). تغییرات چندین سالانه در مقادیر و توزیع‌های عمودی pH در خزر میانی و جنوبی طی ۷۰ سال گذشته دارای دو گونه ساختار هستند (Tuzhilkin, and kosarev, 2005). یکی از این نوع دو ساختار ابتدا و آخر قرن بیستم در حالت تشدید تخلیه رودخانه‌ای و تراز

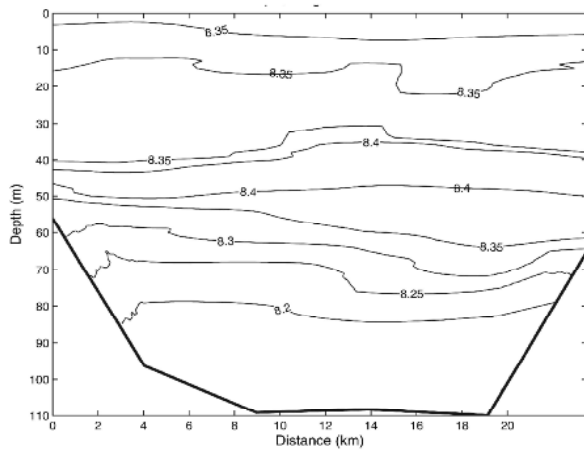


شکل شماره (۱): منطقه مورد مطالعه (بالا بخش جنوبی دریای خزر و موقعیت مناطق مورد مطالعه در شرق و غرب ساحل جنوبی دریای خزر. پایین سمت راست و چپ به ترتیب خصوصیات توپوگرافی و موقعیت ایستگاههای اندازه گیری در مناطق مورد مطالعه در شرق و غرب ساحل جنوبی دریای خزر. نقاط مربع کوچک نشان دهنده موقعیت ایستگاههای اندازه گیری پروفیل های CTD و pH هستند.)

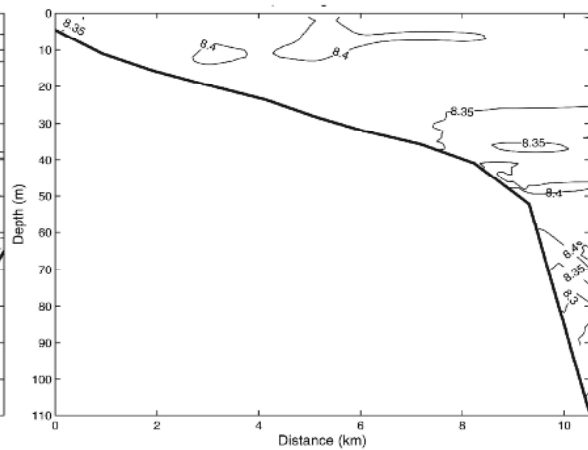
نتایج و بحث

۱۲/۳ در عمق ۷۰ متر و بیشتر و همچنین یک لایه با شوری کمتر بیشتر برابر با ۱۲/۱ در عمق ۲۰ تا ۵۰ متر مشخص می‌شود (Zaker, et al., 2008a). همان‌گونه که در شکل شماره ۲ (الف) دیده می‌شود، در مقطع خارج از فلات قاره، که موازی ساحل است، از سطح آب تا عمق ۴۰ متر pH بیشتر برابر با ۸/۳۵ است. بین ۴۰ تا ۵۰ متر pH اندکی افزایش یافته و به مقدار ۸/۴ می‌رسد و در اعماق بیشتر از ۵۰ متر pH بتدریج کاهش یافته و به مقدار ۸/۲ در عمق ۸۰ متر رسیده و پس از آن تقریباً ثابت باقی می‌ماند. در روی فلات قاره pH بیشتر بین ۸/۳۵ تا ۸/۴ مشاهده می‌شود (شکل شماره ۲ ب).

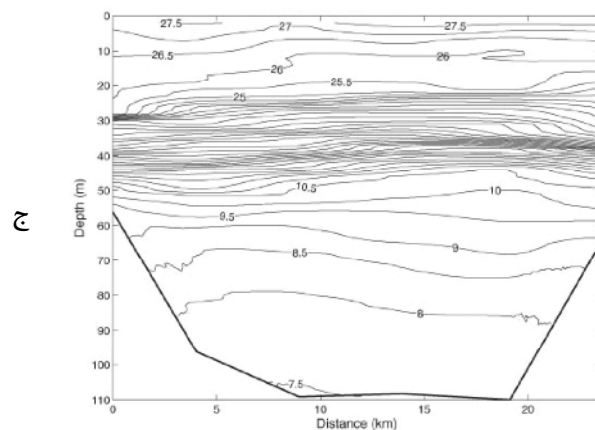
شکل‌های شماره ۲ (الف) و ۲ (ب) تغییرات عمودی در میزان pH در دو مقطع موازی وعمود بر ساحل را در وسط منطقه مورد مطالعه در شرق دریای خزر در مجاورت بابلسر در ۱۲ مرداد ۱۳۸۲ نشان می‌دهد. در این تاریخ ساختار حرارتی با (یک ترموکلاین قوی قرار گرفته در عمق ۲۰ تا ۵۰ متر مشخص می‌شود (شکل شماره ۲-ج). در لایه سطحی روی ترموکلاین درجه حرارت بین ۲۵.۵ تا ۲۷/۵ درجه سانتیگراد و در زیر ترموکلاین درجه حرارت بین ۱۰/۵ تا ۷/۵ در ۱۱۰ متر تغییر می‌کند. ساختار شوری با تغییرات کم بین ۱۲/۲۵ در سطح تا



الف

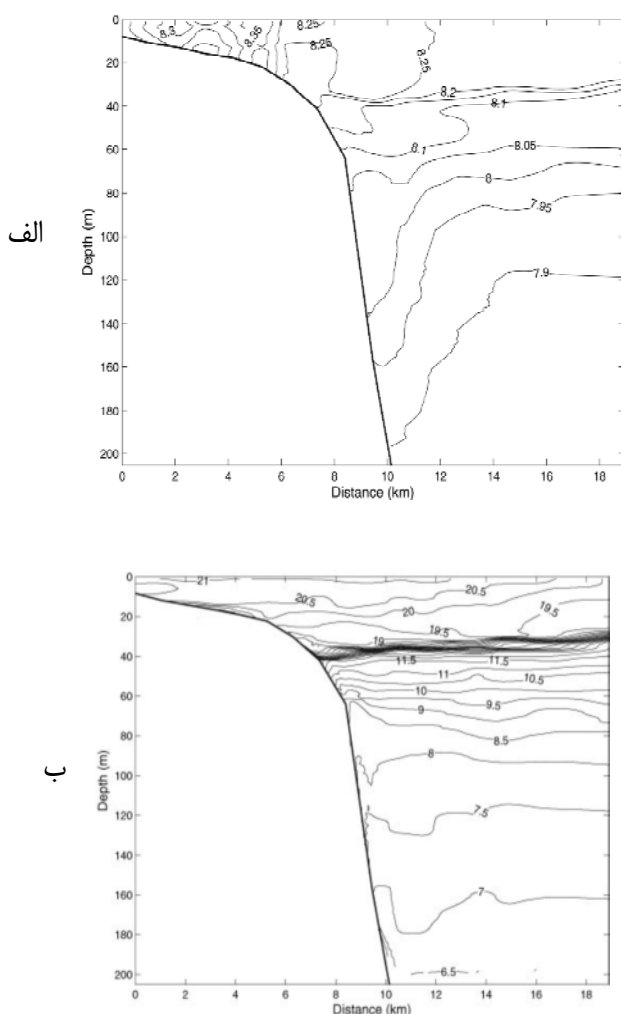


ب



ج

شکل شماره ۲ (الف): تغییرات عمودی pH و درجه حرارت بر حسب درجه سانتیگراد در منطقه مورد مطالعه در شرق ساحل جنوبی دریای خزر. (الف) تغییرات عمودی pH در مقطع موازی ساحل و به فاصله حدود ۱۲ کیلومتر از ساحل، (ب) تغییرات عمودی pH در مقطع عمود بر ساحل در وسط منطقه مورد مطالعه، (ج) تغییرات درجه حرارت بر حسب درجه سانتیگراد در مقطع موازی ساحل و به فاصله حدود ۱۲ کیلومتر از ساحل)



شکل شماره (۳) : تغییرات عمودی pH (الف) و درجه حرارت بر حسب درجه سانتیگراد (ب) در یک مقطع عمود بر ساحل در وسط منطقه مورد مطالعه در غرب ساحل جنوبی دریای خزر

نتایج، دلالت بر تغییرات فصلی pH در مناطق ساحلی جنوبی دریای خزر در مجاورت ایران دارد. بخشی از این تغییرات به تغییرات فصلی درجه حرارت و ساختار آن، خصوصیات ترموکلاین فصلی و تغییرات فصلی روند تولید و یا روند تجزیه و این که کدام یک از آنها غالب باشند و بخشی از این موضوع بستگی به تغییرات فصلی رودخانه‌های محلی و خصوصیات آب این رودخانه‌ها دارد.

ساختار pH در پاییز و در ۵ آبان ۱۳۸۳ در منطقه مورد مطالعه در غرب دریای خزر در مجاورت کیشهر در شکل شماره (۳-الف) نشان داده شده است. در این وقت از سال ساختار حرارتی با یک ترموکلاین نازک در بین عمق‌های ۳۰ و ۴۰ متر مشخص می‌شود (شکل شماره ۳-ب).

لایه سطحی در حال عمیق شدن و ترموکلاین فصلی در حال فرسایش است. در لایه سطحی روی ترموکلاین درجه حرارت بین ۱۹/۵ تا ۲۱ درجه و در زیر ترموکلاین بین ۱۱/۵ تا ۶/۵ درجه در عمق ۲۰۰ متر تغییر کرده است.

شوری دارای تغییرات اندک بوده و در ۴۰ متر بالا بیشتر ۱۲/۳۵ بوده، بین ۴۰ متر و ۸۰ اندکی کاهش یافته، ولی در ۸۰ متر مجدداً به ۱۲/۳۵ رسیده و پس از آن با عمیق شدن افزایش یافته و به مقدار ۱۲/۴ در عمق ۱۲۰ متر رسیده و پس از آن تقریباً ثابت باقی مانده است. در روی فلات قاره در مجاورت ساحل، شوری در اثر پلوم رودخانه سپید رود کاهش می‌یابد (Zaker, et al., 2008b).

در خارج از فلات قاره در لایه ۳۰ متر بالای آب مقدار pH برابر با ۸/۲۵ بوده و در زیر ۳۰ متر pH به تدریج کاهش یافته و در عمق ۷۰ متر به ۸ و در عمق ۱۲۰ متر و عمق‌های پایین‌تر pH برابر با ۷/۹ است. در روی فلات قاره pH بیشتر برابر با ۸/۳ است (شکل شماره ۳-الف). ساختار pH در ۲۲ فروردین ۱۳۸۳ در شکل شماره (۳-الف) نشان داده شده است.

در این زمان از سال روند تشکیل ترموکلاین فصلی شروع شده و ساختار درجه حرارت با لایه گرم سطحی با ضخامت ۱۰ متر، با درجه حرارت ۱۴ درجه سانتیگراد مشخص می‌شود (شکل شماره ۳-ب). درجه حرارت بین عمق‌های ۱۰ تا ۳۰ متر برابر با ۱۲ درجه سانتیگراد بوده و سپس بتدریج با عمیق شدن کاهش یافته و به ۸ در عمق ۹۰ متر می‌رسد. شوری در ۳۰ متر بالایی تحت تأثیر ورودی بالای رودخانه‌های محلی در بهار زیر ۱۲ بوده و پس از آن با عمق افزایش یافته و به ۱۲/۳ در عمق ۴۰ متر می‌رسد (Zaker, et al., 2008b). در لایه بالایی ۳۰ متر در سطح آب در خارج از فلات قاره، pH بیشتر ۸/۱ است و در عمق ۴۰ متر و بیشتر pH به ۸ درجه کاهش می‌یابد. در روی فلات قاره pH بین ۸/۰۵ تا ۸/۱ تغییر کرده است (شکل شماره ۳-الف).

آثار تغییرات فصلی، بخصوص در کاهش شدید pH در بهار مشهود است. در این فصل کاهش شدید درجه حرارت و ورودی زیاد رودخانه‌های محلی، که منطقه فلات قاره و مناطق مجاور آن را به شدت تحت تأثیر قرار داده است، منجر به کاهش pH به ۸/۰۵ تا ۸/۱ در سطح آب شده است. نتایج ارائه شده با توجه به کمبود اساسی در اندازه‌گیری‌های مستقیم در منطقه جنوب دریای خزر و در مجاورت ایران از اهمیت ویژه برخوردارند.

نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری‌های pH در مناطق جنوبی دریای خزر، در مجاورت ایران نشان‌دهنده تغییرات فصلی زیاد و pH در سواحل ایرانی خزر است. تغییرات درجه حرارت و خصوصیات ترموکلاین فصلی، میزان ورودی رودخانه‌های محلی و شرایط فصلی به لحاظ شدت پروسه تولید، و یا پروسه تجزیه و این که کدام یک از این پروسه‌ها غالب شوند، مشخصه‌های مؤثر تغییرات فصلی pH هستند.

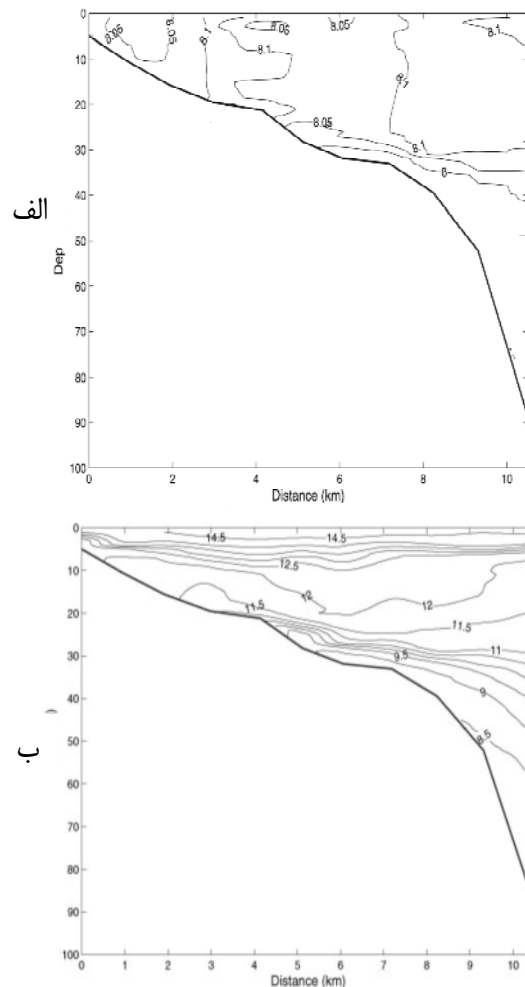
در تابستان در زمان حداکثر درجه حرارت سطح آب و حداکثر شدت ترموکلاین فصلی همراه با تداوم فتوسنتز شدید فیتوپلانکتون‌ها و جذب CO² محلول در آب، مقادیر pH بیشترین مقدار خود را داشت و pH در سطح آب بیشتر ۸/۳۵ تا ۸/۴ مشاهده شد.

در پاییز در زمان عمیق شدن لایه سطحی و فرسایش ترموکلاین فصلی، کاهش درجه حرارت و شدت گرفتن روند تجزیه و افزایش CO² در آب، مقادیر pH مشاهده شده نسبت به تابستان کاهش نشان دادند و در سطح آب بین ۸/۲۵ تا ۸/۳۵ مشاهده شدند.

در بهار، در زمان درجه حرارت کم آب و بیشترین ورودی رودخانه‌های فصلی، کمترین مقادیر pH در مقایسه با تابستان و پاییز مشاهده شد و مقادیر آن در سطح برابر با ۸/۰۵-۸/۱ مشاهده شد.

تشکر و قدردانی

داده مورد استفاده در این مقاله طی پروژه‌های مرکز ملی اقیانوس شناسی: مطالعه اقیانوس شناسی فیزیکی در آبهای ساحلی جنوب دریای خزر ۱، ۲، ۳، که توسط نویسنده اول این مقاله اجرا شد، جمع‌آوری شده است. در اینجا از مرکز ملی اقیانوس شناسی و کلیه همکارانی که در پروژه پیش‌گفته همکاری داشته، و یا از اجرای پروژه حمایت کرده‌اند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.



شکل شماره (۴): تغییرات عمودی pH (الف) و درجه حرارت بر حسب درجه سانتیگراد (ب) در یک مقطع عمود بر ساحل در وسط منطقه مورد مطالعه در شرق ساحل جنوبی دریای خزر

بیشترین مقادیر pH در فصل تابستان مشاهده شد و درجه حرارت بالای آب، وجود شدیدترین ترموکلاین فصلی، فعالیت‌های شدید تولید و رشد فیتوپلانکتون‌ها و غالب شدن پروسه‌های تولید بر پروسه‌های تجزیه را نشان می‌دهد که منجر به افزایش pH در این فصل شده‌اند. در فصل پاییز با کاهش درجه حرارت و غالب شده پروسه‌های تجزیه، میزان pH نسبت به تابستان کاهش می‌یابد و بخصوص در عمق، غالب شده پروسه‌های تجزیه منجر به کاهش pH به ۷/۹ در زیر ۱۰۰ متر عمق می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Dumont, H.J. 1998. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43(1), 44-52.
- Karpinsky, M.G. and et al. 2005. Biological Features and Resources of the Caspian Sea. In: Kostianov A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 191-210
- Korshenko, A.N. and A.G., Gul. 2005. Pollution of the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 109-142
- Kosarev, A.N. 2005. Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 5-31
- Kosarev, A.N., and E.A., Yablonskaya. 1994. *The Caspian Sea*. The Hague, SPB Academic Publishing, 274p
- Tuzhilkin, V.S. and A.N., Kosarev. 2005. Thermohaline Structure and General Circulation of the Caspian Sea Waters. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 33-57
- Tuzhilkin, V.S., D.N., Katunin, and Y.R., Nalbandov. 2005. Natural Chemistry of Caspian Sea Waters. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 33-57
- Zaker, N.H., P., Ghaffari and S., Jamshidi. 2008a. Dynamics of the Southern Continental Shelf of the Caspian Sea, off Babolsar, Mazandaran, Iran. Submitted to *Journal of Coastal Research*.
- Zaker, N.H. and et al. 2007b. Dynamics of the Southern Shelf of the Caspian Sea, off Kiyashahr, Gilan. Submitted to *Continental Shelf Research*.
- Zonn, I.S. 2005a. Environmental Issues of the Caspian. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 223-242
- Zonn, I.S. 2005b. Economic and International Legal Dimensions in the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 243-256