

## بررسی تغییرات زمانی بوم زیست‌شناختی آب‌های سواحل دریای مازندران (سال ۱۳۹۱)

آسیه مخلوق<sup>۱</sup>، حسن نصراله زاده ساروی<sup>۲\*</sup>، فرشته اسلامی<sup>۳</sup>، مریم السادات موسوی<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مازندران، ساری، پست الکترونیکی: [asieh\\_makhlough@yahoo.com](mailto:asieh_makhlough@yahoo.com)

۲- استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مازندران، ساری، پست الکترونیکی: [hnsaravi@yahoo.com](mailto:hnsaravi@yahoo.com)

۳- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، پست الکترونیکی: [fr\\_eslami689@yahoo.com](mailto:fr_eslami689@yahoo.com)

۴- کارشناس ارشد محیط زیست اداره کل محیط زیست استان مازندران، مازندران، ساری، پست الکترونیکی: [mosavi.maryam65@yahoo.com](mailto:mosavi.maryam65@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۶

\* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۰

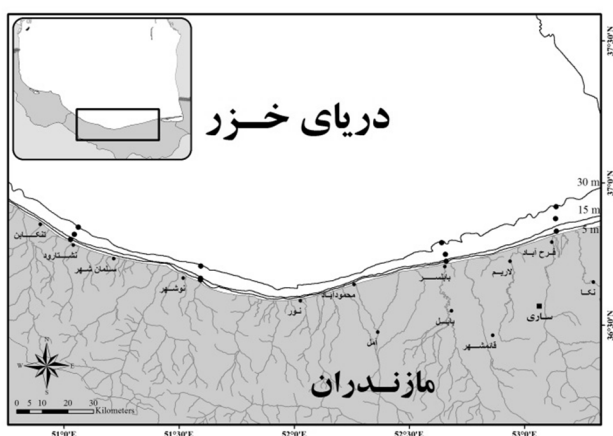
© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس شناسی است.

### چکیده

این تحقیق به منظور تعیین تغییرات زمانی بوم زیست‌شناختی (فیتوپلانکتون و برخی پارامترهای محیطی آب) در حوزه جنوبی دریای خزر، سواحل استان مازندران انجام شد. نمونه‌برداری در اعماق کمتر از ۳۰ متر طی سال ۱۳۹۱ صورت گرفت. نتایج پارامترهای محیطی آب نشان داد که میانگین دمای آب، شوری، شفافیت، pH و اکسیژن محلول به ترتیب برابر  $19/46 \pm 0/85$  درجه سانتی‌گراد،  $12/35 \pm 0/13$  psu،  $2/63 \pm 0/18$  متر،  $8/51 \pm 0/02$  و  $6/00 \pm 0/07$  میلی‌لیتر در لیتر بوده است. همچنین میانگین درصد ازت آلی بیش از ۸۰٪ و فسفر آلی ۴۶ درصد و میانگین سالانه سیلیس محلول برابر  $9/5 \pm 0/2$  میکرومولار بود. بر اساس نتایج ۱۱۲ گونه در ساختار فیتوپلانکتونی مشارکت داشته‌اند و میانگین تراکم فیتوپلانکتون  $164 \pm 32$  میلیون سلول در مترمکعب بود. میانگین تراکم در ماه‌های دی و اسفند حدوداً ۵ برابر میانگین تراکم در سایر ماه‌های مورد بررسی بود. باسیلاریوفایتا با ۸۹ درصد بیشترین درصد تراکم را در بین شاخه‌های فیتوپلانکتونی دارا بوده است و شاخه‌های پیروفایتا، سیانوفایتا و کلروفایتا به ترتیب رتبه‌های بعدی از درصد تراکم را به دست آوردند. بررسی ماهانه نشان داد که اگرچه *Chaetoceros thronsenii* در سه ماه اول نمونه‌برداری یعنی ماه‌های اردیبهشت، تیر و شهریور به‌عنوان اولین گونه غالب در تراکم فیتوپلانکتون حضور یافت، اما در ماه‌های آبان، دی و اسفند به ترتیب گونه‌های *Skeletonema costatum*، *Thalassionema nitzschioides* و *Pseudonitzschia seriata* عمده و غالب گردیده‌اند. بررسی آماری بیانگر اختلاف معنی‌دار زمانی در پارامترهای زیستی و غیرزیستی فوق بوده است. ضمن آنکه آزمون همبستگی پیرسون بین درجه حرارت آب و یون‌های آمونیم، نترات و فسفر و گونه‌های عمده در هر ماه معنی‌دار بوده است. وجود تنش و عدم ثبات در زیست‌بوم سبب گردیده تا گونه‌های دارای پتانسیل شکوفایی (*Pseudonitzschia seriata* و *Chaetoceros thronsenii*) از تغییرات درجه حرارت و مواد مغذی برای افزایش تراکم خود بهره ببرند.

## ۱. مقدمه

ورودی رودخانه‌ها، بندرگاه‌ها و منابع آلوده کننده در این حوزه صورت گرفت. بر روی هر یک از نیم‌خط‌های فوق، ۳ ایستگاه از ساحل تا دورتر از ساحل در اعماق ۵، ۱۵ و ۳۰ متر انتخاب گردید (شکل ۱). نمونه برداری از بهار تا زمستان ۱۳۹۱ انجام گرفت. با توجه به مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر زمان‌بندی نمونه‌برداری به‌نحوی بود که در فصول بهار و پاییز یک بار در ماه‌های اردیبهشت و آبان و در فصول تابستان و زمستان دو بار به‌ترتیب در ماه‌های (تیر، شهریور) و (دی، اسفند) انجام شد. نمونه‌برداری به‌وسیله دستگاه نیسکن از لایه‌ی سطح در اعماق ۵، ۱۵ و ۳۰ متر انجام شد.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

در این تحقیق، پارامترهای محیطی شامل دمای آب، اکسیژن محلول، pH، شفافیت، شوری، و غلظت مواد مغذی شامل ازت معدنی (نیتريت، نترات، آمونیم)، ازت آلی، ازت کل، فسفر (معدنی و آلی)، فسفر کل و سیلیس محلول آب تعیین گردیدند. پارامترهای درجه حرارت آب، pH و شفافیت در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری درجه حرارت آب با استفاده از دماسنج معمولی و دماسنج برگردان (Hydro Bios Kiel) و pH به‌وسیله pH متر پرتابل (WTW 320) صورت گرفت. شفافیت آب به‌طور غیر مستقیم با استفاده از صفحه سکی (Secchi disk) اندازه‌گیری شد. شوری آب به‌وسیله دستگاه شوری سنج مدل GM\_65M روسی با دقت ۰/۰۱ بلافاصله پس

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه محصور در جهان است که حدود ۴ درصد از جمعیت جهان در کشورهای حاشیه آن جای دارند. این دریا نقش کاملاً بارزی در جهان و نیز اقتصاد جهانی ایفا می‌کند. بهره‌برداری انسان از منابع دریای خزر، زیست‌بوم تقریباً بسته‌ی آن را به میزان بالایی در معرض خطر آلودگی‌های مختلف اعم از آلودگی‌های نفتی، سموم، دترجنت‌ها، فلزات سنگین و زیست‌شناختی قرار داده است (Zonn et al., 2010).

از اواخر سال ۱۳۷۹ که شانه‌دار مهاجم (*Mnemiopsis leidyi*) به دریای خزر وارد شده است، تغییرات زیادی بر ساختار فیزیکی- شیمیایی و زیست‌شناختی این پیکره‌ی آبی تحمیل گردیده است. در ادامه این تغییرات شکوفایی جلبکی در اوایل مهر ۱۳۸۴، نیمه‌ی مهر ۱۳۸۵، اواخر مرداد ۱۳۸۸ و اواسط مرداد ۱۳۸۹ در مناطق مختلف از حوزه ایرانی دریای خزر ثبت گردید (HAB, 2006; Nasrollahzadeh et al., 2011). ضمن آنکه در آب‌های نمونه‌برداری شده در دهه‌ی ۱۳۸۰ حدود ۱۵ گونه مضر و نیز گونه‌های دارای پتانسیل شکوفایی نیز گزارش شد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). شکوفایی جلبکی (Harmful Algal Blooms: HABs) اثرات منفی بر سلامت مردم، بهداشت غذاهای دریایی، منابع طبیعی، زیست‌بوم، مزارع پرورش آبزیان، فعالیت‌های اقتصادی وابسته به دریا و گردشگری می‌گذارد. بنابراین امروزه شناسایی و بررسی بوم زیست‌شناختی و الگوی تراکم فیتوپلانکتون اهمیت زیادی در درک و شناخت وضعیت موجود و حاکم بر زیست‌بوم دارد. هدف از انجام این بررسی تغییرات زمانی برخی پارامترهای محیطی، تراکم فیتوپلانکتون، شناسایی گونه‌ای و به‌خصوص گونه‌های غالب آن در منطقه مازندران از دریای خزر است.

## ۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه در حوزه جنوبی دریای خزر، در منطقه مازندران و در ۴ منطقه تنکابن، نوشهر، بابلسر و امیرآباد صورت گرفت. انتخاب نیم‌خط‌ها با توجه به امکانات، تجهیزات و شیب دریا،

(ANOVA) و در صورت لزوم آزمون تکمیلی دانکن (Duncan) قرار گرفتند. در ضمن کلیه آزمون‌های آماری در سطح ۵ درصد صورت گرفت (Bluman, 1998؛ نصیری، ۱۳۸۸) و تمام میانگین‌ها به همراه خطای استاندارد (Mean±SE) آورده شده است.

### ۳. نتایج

حداکثر میانگین دمای آب سطحی در ماه تیر (۲۷/۷۱°C) و حداقل آن در ماه دی (۱۰/۳۸°C) ثبت گردید (جدول ۱).

جدول ۱: تغییرات ماهانه میانگین پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب به همراه خطای معیار (SE) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

پارامتر	اسفند	دی	آبان	شهریور	تیر	اردیبهشت
Water Temp. (°C)	۱۱/۵۳±۰/۲۷	۹/۵۳±۰/۵۱	۱۸/۱۹±۰/۶۲	۲۷/۱۰±۰/۱۴	۲۷/۲۱±۰/۱۷	۲۳/۲۱±۰/۵۳
SD (m)	۲/۰۷±۰/۳۰	۱/۵۳±۰/۲۲	۲/۱۷±۰/۲۱	۳/۵۸±۰/۴۷	۱۲/۲۴±۰/۰۶	۱۲/۸۶±۰/۶۵
Salinity (psu)	۱۱/۸۵±۰/۴۰	۱۲/۳۰±۰/۱۱	۱۲/۰۲±۰/۶۲	۱۲/۹۱±۰/۰۵	۱۲/۲۴±۰/۰۶	۱۲/۸۶±۰/۰۵
pH	۸/۳۷±۰/۰۵	۸/۳۹±۰/۰۵	۸/۵۸±۰/۰۱	۸/۵۹±۰/۰۱	۸/۵۵±۰/۰۲	۸/۴۹±۰/۰۳
DO (ml/l)	۶/۵۵±۰/۱۵	۶/۴۱±۰/۱۰	۵/۸۴±۰/۰۹	۵/۳۳±۰/۲۱	۵/۹۶±۰/۱۲	۵/۸۶±۰/۱۰
NO <sub>3</sub> /N (μM)	۳/۸۲±۰/۳۳	۳/۰۸±۰/۲۸	۴/۲۹±۰/۱۸	۵/۰۵±۰/۲۸	۳/۹۹±۰/۲۱	۴/۳۱±۰/۲۹
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /N (μM)	۱/۹۳±۰/۳۶	۰/۹۰±۰/۰۸	۰/۴۷±۰/۰۴	۲/۵۸±۰/۲۵	۱/۴۵±۰/۱۴	۲/۵۵±۰/۳۶
DIN (μM)	۶/۰۸±۰/۶۵	۴/۰۸±۰/۲۰	۵/۰۴±۰/۱۹	۷/۷۳±۰/۴۴	۵/۵۱±۰/۲۹	۶/۹۶±۰/۳۸
TN (μM)	۴/۰۴۹±۰/۱۸۴	۳۶/۵۸±۰/۳۸	۴۴/۹۲±۰/۰۶	۴۵/۳۳±۰/۳۳	۴۸/۹۷±۰/۵۷	۴۳/۲۲±۰/۲۶
DON%	۸۲/۵۴	۱۰/۸۹	۸۸/۱۳	۸۲/۸۴	۸۸/۴۰	۸۴/۵۶
DIP (μM)	۱/۰۲±۰/۱۵	۰/۶۲±۰/۰۲	۰/۶۱±۰/۰۲	۰/۴۸±۰/۰۲	۰/۳۶±۰/۰۲	۰/۴۰±۰/۰۲
TP (μM)	۱/۵۵±۰/۱۷	۰/۹۴±۰/۰۴	۰/۹۴±۰/۰۳	۰/۹۸±۰/۰۴	۱/۰۳±۰/۰۴	۱/۰۱±۰/۰۴
DOP%	۳۵/۱۶	۳۰/۸۴	۳۴/۴۹	۳۶/۵۱	۶۴/۸۴	۶۰/۱۵
DSi (μM)	۱۰/۰۲±۰/۳۰	۹/۴±۰/۱۸	۱۰/۳۵±۰/۴۸	۹/۷۷±۰/۵۵	۸/۷۲±۰/۴۱	۸/۶۷±۰/۶۸

حداکثر و حداقل میانگین شفافیت (SD) آب به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت (۳/۹۱ متر) و دی مشاهده گردید. میانگین ماهانه شوری آب بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) با دو حداکثر (اردیبهشت و شهریور) و دو حداقل (آبان و اسفند) در محدوده ۱۱/۸۵ و ۱۲/۹۱ psu متغیر بوده است که بیانگر تغییرات در حدود ۱/۰۶ psu می باشد. تغییرات ماهانه میانگین غلظت ازت کل آب بین ۴۸/۶۷ (تیر) تا ۳۶/۵۸ (دی) میکرومولار متغیر بوده است. حداکثر درصد فرم ازت آلی در دی ماه (۸۹/۱۰ درصد) مشاهده گردید. نتایج نشان داد که درصد ازت معدنی در ماه‌های مختلف سال کمتر از ۲۰ درصد بوده و سهم ازت آلی بیش از ۸۰ درصد مشاهده گردید. حداکثر و حداقل میانگین غلظت ازت معدنی به ترتیب در ماه‌های شهریور (۷/۷۳) و دی (۴/۰۸) مشاهده گردید. میانگین تغییرات غلظت ازت آمونیمی (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/N) دارای دو حداکثر در اردیبهشت و شهریور (۲/۵۸) بوده است و حداقل این متغیر در ماه دی (۰/۹۰) مشاهده گردید. تغییرات ماهانه میانگین

از دریافت در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر (Winkler) اندازه‌گیری شد (APHA, 2005). میزان یون آمونیم (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) با اندازه‌گیری شدت رنگ آبی با اسپکتروفوتومتر، در واکنش با هیپوکلریت و فنل سنجیده شد (Solorzano, 1969; Sapozhnikov et al., 1988; APHA, 2005). برای تعیین یون‌های نیتريت و نترات روش ستون کاهشی کادمیم و سولفانیل آمین استفاده شد (APHA, 2005). از مجموع غلظت یون‌های آمونیم، نیتريت و نترات غلظت ازت معدنی (DIN<sup>1</sup>) به دست آمد. همچنین غلظت ازت آلی (DON<sup>2</sup>) از تفاضل ازت کل (TN<sup>3</sup>) و ازت معدنی محاسبه گردید (Yurkovskis, 2004). میزان فسفر معدنی (فسفات) در آب نیز با میزان جذب رنگ آبی تولید شده در واکنش با آمونیم مولیدات و اسید اسکوربیک تعیین گردید (Murphy and Riley, 1962). غلظت فسفر آلی (DOP<sup>4</sup>) از تفاضل فسفر کل (TP<sup>5</sup>) از فسفر معدنی (DIP<sup>6</sup>) محاسبه گردید (Yurkovskis, 2004). جهت اندازه‌گیری نیتروژن و فسفر کل از روش پرسولفات- بوریک اسید استفاده گردید (Valderrama, 1981). سیلیس محلول با استفاده از روش مولیدوسیلیکات و به وسیله اسپکتروفوتومتری اندازه‌گیری گردید (Sapozhnikov et al., 1988).

به منظور بررسی فیتوپلانکتون نمونه‌های آب به حجم ۵۰۰ سی سی پس از تثبیت با فرمالین به آزمایشگاه فرستاده شدند. بررسی فیتوپلانکتون به روش تغلیظ سازی (سیفون و سانتریفوژ) انجام گرفت و سپس نمونه‌ها به کمک میکروسکوپ نرمال و به روش اسلاید مورد بررسی کمی و کیفی قرار گرفتند. شناسایی گونه‌ها نیز بر اساس کلیدهای معتبر و به خصوص روسی صورت گرفت (Wehr and Sheath, 2003; Carmelo, 1997; Hartley et al., 1996; Habit and Pankow, 1976; Tiffany and Britton, 1976; Proshkina-Lavrenko and Makarova, 1968; Zabelina et al., 1951). در نهایت با توجه به ضریب رقت، تراکم در متر مکعب محاسبه گردید (APHA, 2005).

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از SPSS نسخه ۱۱/۵ صورت گرفت. داده‌ها پس از انتقال بر اساس رتبه‌بندی مورد آزمون‌های همبستگی پیرسون (Pearson Correlation)، یک طرفه پارامتری

<sup>1</sup> DIN=Dissolved Inorganic Nitrogen

<sup>2</sup> DON=Dissolved Organic Nitrogen

<sup>3</sup> TN=Total Nitrogen

<sup>4</sup> DOP=Dissolved Organic Phosphorus

<sup>5</sup> TP=Total Phosphorus

<sup>6</sup> DIP=Dissovole Inorganic Phosphorus

میزان فراوانی حضور باسیلاریوفایتا با شاخه‌های پیروفایتا و سیانوفایتا تقریباً یکسان بوده است. میزان فراوانی حضور گروه تاژکداران کوچک که از اردیبهشت ماه تا شهریور ماه حداکثر بوده است و با فراوانی حضور شاخه‌های عمده یعنی باسیلاریوفایتا، پیروفایتا و سیانوفایتا برابری می‌کند. میزان فراوانی حضور گروه تاژکداران کوچک از آبان ماه تا اسفند ماه سیر کاهشی داشته است. بررسی تراکم شاخه‌ها نشان می‌دهد که باسیلاریوفایتا بیشترین درصد تراکم (۸۹ درصد) را در بین شاخه‌های فیتوپلانکتونی به‌دست آورده‌اند. پیروفایتا و سیانوفایتا به‌ترتیب رتبه‌های بعدی از درصد تراکم را به‌دست آوردند. شاخه‌ی کریزوفایتا و گروه تاژکداران کوچک (۱/۴) درصد تراکم یکسانی را نشان دادند و سایر شاخه‌ها مجموعاً ۰/۱ درصد از تراکم فیتوپلانکتون نشان دادند. بررسی نشان داد که حداکثر میانگین تراکم باسیلاریوفایتا و پیروفایتا به‌ترتیب در ماه‌های دی و اسفند بوده است. سیانوفایتا و گروه تاژکداران کوچک در تابستان به‌ترتیب در ماه‌های تیر و شهریور دارای بیشترین میانگین تراکم گردیدند. کریزوفایتا نیز بیشترین میانگین تراکم را در ماه‌های شهریور و آبان نشان دادند. بررسی ماهانه میانگین تراکم گونه‌ها نشان داد که *Chaetoceros thronsenii* در سه ماه اول نمونه‌برداری یعنی ماه‌های اردیبهشت، تیر و شهریور دارای بیشترین میانگین تراکم بود (جدول ۳) و حداکثر میانگین آن در شهریور ثبت شد. در حالی‌که در ماه‌های آبان، دی و اسفند به‌ترتیب گونه‌های *Skeletonema*، *Thalassionema nitzschioides* و *Pseudonitzschia seriata* در رتبه اول تراکم قرار داشتند. اگرچه تراکم بعضی از گونه‌های فهرست شده در جدول ۳ (از قبیل *Apedinella spinifera*) نسبت به گونه غالب بسیار پایین بود، ولی به‌دلیل اهمیت بوم زیست شناختی، حضور آن‌ها با اهمیت و شاخص می‌گردد.

بر اساس آزمون ANOVA، پارامترهای محیطی و مواد مغذی مذکور در جدول ۱ دارای اختلاف معنی‌دار در بین ماه‌های نمونه برداری بوده‌اند ( $P < 0.05$ ). ضمن آنکه این آزمون اختلاف معنی‌دار را در تراکم فیتوپلانکتون کل و شاخه باسیلاریوفایتا را نیز در بین ماه‌ها نشان داده است ( $P < 0.05$ ). بر اساس آزمون تکمیلی دانکن این اختلاف معنی‌دار بین ماه‌های دی و اسفند با سایر ماه‌ها بوده است ( $P < 0.05$ ). بررسی آماری گونه‌های عمده غالب یعنی *Chaetoceros*، *Skeletonema*، *Thalassionema nitzschioides* و *thronsenii* و *Pseudonitzschia seriata* نیز نتایج مشابه را نشان داد

غلظت ازت نیتراتی آب بین ۵/۰۵ (شهریور) تا ۳/۰۸ (دی) میکرومولار متغیر بوده است. حداکثر میانگین غلظت فسفر کل در ماه اسفند (۱/۵۰ میکرومولار) مشاهده گردید. میانگین درصد فسفر معدنی (۵۳/۹۳ درصد) در طی مطالعه در مقایسه با فسفر آلی (۴۶/۰۷ درصد) سهم بالاتری را از فسفر کل شامل بوده است. حداکثر درصد فرم‌های فسفر معدنی و فسفر آلی به‌ترتیب در ماه‌های دی (۶۹/۱۶ درصد) و تیر (۶۴/۸۴ درصد) مشاهده گردید. در بررسی کیفی فیتوپلانکتون ۱۱۲ گونه شناسایی شد که در ۹ شاخه باسیلاریوفایتا<sup>۱</sup>، پیروفایتا<sup>۲</sup>، سیانوفایتا<sup>۳</sup>، کلروفایتا<sup>۴</sup>، یوگلنوفایتا<sup>۵</sup>، کریپتوفایتا<sup>۶</sup>، کریزوفایتا<sup>۷</sup>، هاپتوفایتا<sup>۸</sup> و زانتوفایتا<sup>۹</sup> طبقه‌بندی گردیدند. تعداد گونه در شاخه‌های فوق به‌ترتیب ۴۲، ۱۸، ۱۴، ۱۱، ۱۵، ۲، ۳، ۱ و ۱ بوده است. ضمن آنکه ۵ گونه تاژکدار با حداکثر طول خطی کمتر از ۱۰ میکرون ( $MLD < 10 \mu$ ) نیز مشاهده گردیدند که تحت گروه تاژکداران کوچک<sup>۱۰</sup> تقسیم‌بندی شدند. حداکثر و حداقل میانگین تراکم فیتوپلانکتون (میلیون سلول در متر مکعب) به‌ترتیب در ماه‌های دی (۳۵۸) و آبان (۵۱) ثبت گردید (جدول ۲). بررسی نشان داد که تراکم از اردیبهشت ماه تا شهریور ماه تقریباً ۲ برابر افزایش یافته است و سپس با حدود ۲/۵ برابر کاهش در آبان ماه با شیب تند در ماه‌های دی و اسفند افزایش داشته است.

جدول ۲: درصد فراوانی حضور (Frequency) و تغییرات میانگین تراکم (میلیون سلول در مترمکعب) به‌همراه خطای معیار (SE) شاخه‌ها و گروه‌های مختلف فیتوپلانکتون در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

اسفند	دی	آبان	شهریور	تیر	اردیبهشت	شاخه
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	باسیلاریوفایتا
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	پیروفایتا
۱۰۰	۸۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۳	سیانوفایتا
۶۷	۵۸	۸۳	۵۸	۷۵	۶۷	کلروفایتا
۱۷	۲۳	۶۷	۱۰۰	۹۲	۱۰۰	تاژکداران حضور
-	۱۷	۷۵	۴۲	۵۰	۱۷	کوچک کریزوفایتا
۲۹۷/۲±۵۲/۷	۲۵۱/۴±۱۵۵/۲	۲۰/۵±۷/۲	۱۰۲/۶±۴۷/۹	۴۵/۰±۲۵/۳	۴۸/۶±۱۵/۹	باسیلاریوفایتا
۲۰/۱±۴/۹	۳/۶±۰/۳	۳/۸±۰/۸	۲/۷±۰/۵	۱/۲±۰/۲	۲/۷±۰/۵	پیروفایتا
۳/۸±۰/۵	۰/۷±۰/۲	۲/۶±۰/۹	۸/۱±۲/۸	۶/۴±۲/۳	۴/۰±۳/۱	سیانوفایتا
۵/۸±۲/۳	۲/۲±۰/۸	۸/۲±۳/۳	۱/۶±۰/۹	۱/۲±۰/۴	۰/۳±۰/۱	کلروفایتا
۰/۵±۰/۴	۰/۴±۰/۳	۰/۶±۰/۲	۲/۸±۰/۶	۷/۸±۳/۶	۲/۸±۰/۷	تاژکداران کوچک
۰/۰±۰/۰	۰/۱±۰/۰	۵/۴±۲/۱	۶/۰±۴/۷	۱/۷±۰/۸	۰/۲±۰/۲	کریزوفایتا
۳۲۸±۵۶	۲۵۸±۱۵۵	۵۱±۱۰	۱۲۴±۵۲	۶۳±۳۰	۵۹±۱۹	کل

- <sup>1</sup> Bacillariophyta
- <sup>2</sup> Pyrrophyta
- <sup>3</sup> Cyanophyta
- <sup>4</sup> Chlorophyta
- <sup>5</sup> Euglenophyta
- <sup>6</sup> Cryptophyta
- <sup>7</sup> Chrysophyta
- <sup>8</sup> Haptophyta
- <sup>9</sup> Xantophyta
- <sup>10</sup> Small flagellates

عوامل زیست‌شناختی مرتبط دانست. در این تحقیق نیز در فصول تابستان و پاییز افزایش تراکم شانه دار (Roohi et al., 2010) و در فصل زمستان افزایش تراکم فیتوپلانکتون و گونه‌های غالب آن (جدول ۴) در کاهش شفافیت نقش به‌سزایی داشته‌اند. حداقل شوری آب به‌دلیل بارش باران، در زمستان ثبت گردید. منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق دارای pH (۸/۱۳ تا ۸/۶۹) پایین‌تری نسبت به خزر شمالی (۸/۶-۹/۴) (Shiganova et al., 2003) است. این امر احتمالاً به‌دلیل بالا بودن فعالیت زیست‌شناختی در خزر شمالی است (Zirino, 1985). ضمن آنکه شوری بالاتری در بخش جنوبی خزر (منطقه مازندران) نسبت به خزر شمالی سبب ایجاد سامانه بافری قوی در آب شده و از تغییرات زیاد pH آب جلوگیری می‌کند. همان‌طور که نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان می‌دهد (جدول ۴) با افزایش دما غلظت ازت آمونیمی افزایش یافته که یکی از دلایل احتمالی، افزایش تراکم شانه دار همراه با افزایش دما (Roohi et al., 2010) است؛ زیرا شانه‌دار مواد مغذی ترشح می‌کند که به تبع آن غلظت ازت آمونیمی افزایش می‌یابد (Nasrollahzadeh et al., 2008). طی این بررسی، ازت نیتراتی و آمونیاکی به‌ترتیب بیشترین درصد ازت معدنی را تشکیل دادند و ازت نیتراتی با غلظت بیش از ۳ میکرومولار (بیش از دو برابر ازت آمونیمی) در لایه‌ی سطحی توانست منبع مناسبی برای رشد و تکثیر فیتوپلانکتون باشد (Ren, 2002). مقادیر حداکثری ازت نیتراتی و ازت آمونیمی در ماه شهریور و نیز همبستگی مثبت معنی‌دار این دو فرم با دما (۰/۴ و  $r=0/3$ ) را می‌توان به انجام فرآیند معدنی شدن ترکیبات آلی و ادامه مرحله اکسیداسیون در ماه گرم سال نسبت داد. طی مطالعه، میانگین درصد ازت معدنی کمتر از ۱۵ و میانگین درصد ازت آلی بیش از ۸۰ درصد بوده است. این امر احتمالاً به‌دلیل مقاوم بودن ترکیبات ازت آلی است که برای تغذیه فیتوپلانکتون در اولویت قرار ندارد (Bronk et al., 2007; Libby and Wheeler, 1997). میانگین غلظت فسفر معدنی حدود ۰/۵۰ میکرومولار و حداکثر غلظت آن در فصل زمستان (اسفندماه) بوده است. بالا بودن درصد فسفر معدنی نسبت به فسفر آلی در این منطقه از دریای خزر می‌تواند هم بیانگر انتقال مناسب فسفر معدنی از رسوبات به ستون آبی به‌خصوص در فصل زمستان (دی ماه و اسفند ماه) بر اثر چرخش عمودی آب<sup>۲</sup> و هم تبدیل مناسب فرم آلی فسفر به فرم معدنی آن باشد.

( $P<0/05$ ). نتایج آزمون همبستگی پیرسون<sup>۱</sup> بین تراکم ۴ گونه فوق، فیتوپلانکتون کل، باسیلاریوفایتا و درجه حرارت، شفافیت، مواد مغذی در جدول ۴ آورده شده است. از این جدول می‌توان دریافت نمود که تغییرات معنی‌دار و افزایشی تراکم فیتوپلانکتون همراه با کاهش درجه حرارت تحت تاثیر افزایش گونه‌های سرما دوست نظیر *Pseudonitzschia seriata* رخ داده است. همچنین افزایش مصرف DIP, DIN و نیتروژن کل در ماه‌های سرد با افزایش معنی‌دار فیتوپلانکتون کل و گونه‌های عمده آن مربوط شده است. اما در ماه‌های گرم افزایش آمونیم که با افزایش گونه‌های گرما دوست نظیر *Chaetoceros thronsenii* همراه بوده است بر افزایش معنی‌دار تراکم فیتوپلانکتون کل اثر نموده است.

جدول ۳: تغییرات ماهانه میانگین تراکم (صد هزار سلول در مترمکعب) و خطای استاندارد (SE) گونه‌های غالب و شاخص فیتوپلانکتون در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

اسفند	دی	آبان	شهریور	تیر	اردیبهشت	جنس/گونه
۲±۱	-	۴±۲	۳۰۳±۱۸۶	۴±۲	۴±۲	<b>Bacillariophyta</b>
۴±۲	۱±۰/۴	۲±۱	۵۷۸±۳۰۲	۳۰۲±۱۹۷	۴۲۶±۱۵۹	<i>Chaetoceros subtilis</i>
۲±۱	۷±۲	۸±۲	۶۸±۱۸	۱۲۳±۵۸	۴۳±۱۴	<i>Chaetoceros thronsenii</i>
۲۹±۸۶	۴۲±۲۱	۲±۱	-	۱±۱	۱<	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
۲۳۶±۲۳۲	۹۸۲±۱۹۹	۱<	-	-	-	<i>Dactylosolen fragilissima</i>
۶۶±۲۷	۱۶۲±۱۰۸۴	۶±۴	-	۵±۳	-	<i>Pseudonitzschia seriata</i>
۴۳±۱۵	۷۱±۲۳۰	۲۲۰±۶۴	۸۶±۱۷	۱<	۱±۰/۲	<i>Skeletonema costatum</i>
۱۵۳±۴۲	۱۲±۲	۱۱±۵	۷±۲	۴±۱	۱۵±۴	<i>Thalassionema thrschioides</i>
۲۳±۸	۱۵±۲	۱۱±۳	۳±۱	۲±۱	۱±۰/۴	<b>Pyrophyta</b>
۲۳±۵	۴±۱	۸±۳	۲±۱	۲۵±۹	۲±۱	<i>Exuviaella cordata</i>
-	۱<	۱±۰/۹	۷۱±۲۶	۱۸±۸	۳۶±۳۱	<i>Prorocentrum proximum</i>
۵۳±۲۳	۲۱±۷	۴۰±۱۴	۱۳±۹	-	-	<b>Cyanophyta</b>
-	۱±۰/۳	۵۴±۲۱	۶۰±۴۷	۱۷±۸	۱±۱	<i>Oscillatoria</i> sp.
-	-	-	-	-	-	<i>Synechococcus</i> sp.
-	-	-	-	-	-	<b>Chlorophyta</b>
-	-	-	-	-	-	<i>Binuclearia lauterburmi</i>
-	-	-	-	-	-	<b>Chrysophyta</b>
-	-	-	-	-	-	<i>Apedinella spinifera</i>

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات دمای آب در حوزه جنوبی دریای خزر در منطقه مازندران در سال ۱۳۹۱ همانند مطالعات پیشین (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱; Kosarev, 2005; Kosarev and Zaker, 2007; Yablonskaya, 1994) بیانگر تفکیک زمانی بوده است. در حوزه جنوبی دریای خزر با توجه به دبی کم رودخانه‌ها و متعاقب آن نفوذ کم مواد معلق می‌توان عامل اصلی و تغییر دهنده شفافیت آب را به

<sup>2</sup> turnover

<sup>1</sup> Pearson Correlation



و بازگشت به ثبات بوم‌شناختی در دوره‌ی پیش از دهه‌ی ۱۳۸۰ برداشته شود.

## ۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور که زمینه علمی و آزمایشگاهی و نیز اداره کل محیط زیست استان مازندران که پشتیبانی مالی این تحقیق را فراهم آورده اند کمال سپاسگزاری به‌عمل می‌آید. همچنین از کلیه همکاران و دست‌اندرکاران محترم در بخش بوم‌شناسی و نیز پرسنل و نمونه‌برداران محترم در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر قدردانی فراوان به‌عمل می‌آید.

## منابع

مخلوق، آ؛ نصراله زاده ساروی، ح؛ پورغلام، ر؛ رحمتی، ر، ۱۳۹۰. معرفی گونه‌های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آب‌های سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. مجله علمی علوم زیستی، سال پنجم شماره ۲۰، صفحات ۷۷-۹۳.

نصراله زاده ساروی، ح؛ نجف پور، ش؛ روشن طبری، م؛ مخلوق، آ؛ سلیمانی رودی، ع، ۱۳۹۱. طرح هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۹۳ صفحه.

نصیری، ر، ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS17. تهران: مرکز فرهنگی نشر گستر، ۳۴۴ صفحه.

APHA (American Public Health Association), 2005.

Standard method for examination of water and wastewater. Washington. USA: American Public Health Association Publisher, 18<sup>th</sup> edition, 1113 pp.

Bates, S.S.; Strain, P.M., 2006. Nutrients and phytoplankton in Prince Edward Island inlets during late summer to fall: 2001-2003. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2668: xii, 136 pp.

Bluman, A.G., 1998. Elementary statistics: a step by step approach. USA: Tom Casson Publisher, 3rd edition. Boca Raton, Florida, USA, P 4.

Bronk, D.A.; See, J.H.; Bradley, P.; Killberg, L., 2007.

افزایش مصرف ازت معدنی (جداول ۱، ۳ و ۴) چنان بود که سبب شد تراکم باسیلاریوفایتا و نیز فیتوپلانکتون کل در زمستان ۱۳۹۱ (مطالعه حاضر) عمدتاً از این گونه شکل بگیرد. افزایش تراکم این گونه معمولاً به‌صورت فصلی و به‌دنبال طوفان‌های زمستانی و فراچاهندگی ساحلی صورت می‌گیرد (Caron et al., 2009; Louise, 1998; Trainer et al., 2010). لذا جایگزینی گونه‌های غالب با فرم‌های انفرادی، کلنی‌های کوچک و رشته‌های کوتاه در فصول قبل به *Pseudonitzschia seriata* با فرم زنجیره‌ای متوسط تا بلند (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰) نشانه واضحی از افزایش مواد مغذی در ستون آب است (Dahl et al., 2005). در میان منابع مختلف نیتروژنی این گونه از منبع نیتراتی به میزان بیشتری استفاده نموده است ( $r=-0/4$ ). در مطالعه Bates و Strain (۲۰۰۶) که خروجی فاضلاب‌های کشاورزی محتوی نیترات به محل نمونه‌برداری تخلیه می‌شد نیز تراکم و تنوع گونه‌های *Pseudonitzschia* در آن زیاد بود. استفاده گسترده از کودهای کشاورزی نیترات و اوره و انتقال این ترکیبات به دریا از طریق ورودی رودخانه‌ها یا راه آب‌های کشاورزی از عوامل موثر در شکوفایی انواع سمی *Pseudonitzschia* محسوب می‌گردد (Guillaume et al., 2009; Thessen et al., 2009). این سم در صورت انباشتگی می‌تواند سبب بیماری و مرگ در پستانداران و پرندگان دریایی و نیز انسان (اختلال عصبی ناشی از مسمومیت با بی‌مهرگان آبی آلوده (Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) گردد (Gulland et al., 2002; Taylor et al., 2007).

جایگزینی واضح زمانی در گونه‌ها (جدول ۳) بیانگر اثر شدید درجه حرارت و وضعیت آب و هوایی بر هدایت عوامل زیستی از جمله چرخه‌ی زندگی و تکامل گونه‌ها بوده است.

اگرچه غلظت مواد مغذی نیز در هر فصل تحت تاثیر درجه حرارت زمینه رشد و تکثیر گونه‌های مربوط به فصل را فراهم نموده است (جدول ۴)، اما شواهدی از قبیل غالب شدن گونه‌های مضر و یا دارای پتانسیل شکوفایی در غالب اوقات سال و تکرار شکوفایی جلبکی در سال‌های مختلف، بیانگر چهره‌ی مشوش و وضعیت گذرا و شاید روند رو به افزایش در عدم ثبات زیست‌شناختی باشد. لذا لازم است که سازمان‌های مربوط به مدیریت دریای خزر کلیه فعالیت‌های انسانی مربوط به دریای خزر اعم از تحقیقاتی، ساخت و ساز، بهره‌برداری صیادی و تفریحی را به‌شدت تحت نظارت و کنترل داشته باشند تا شاید قدمی در راه پیشگیری و کنترل تغییرات بوم‌شناختی نامطلوب آتی

- Habit, R.N.; Pankow, H., 1976. Algenflora der Ostsee II, Plankton. Gustav Fischer Verlag. Germany: Jena University Rostock Publication. 385 pp.
- Hartley, B.H.G.; Barber, J.R.C.; Sims, P., 1996. An Atlas of British Diatoms. UK: Biopress Limited, Bristol. 601 pp.
- 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, 5-31 p.
- Kosarev, A.N.; Yablonskaya, E.A., 1994. The Caspian Sea. The Netherlands: SPB Academic Publishing, The Hague. 274 pp.
- Libby, P.; Wheeler, P., 1997. Particulate and dissolved organic nitrogen in the central and eastern equatorial Pacific. Deep-Sea Research, 44: 345-361.
- Louise, L.M., 1998. Physical constraints on phytoplankton in estuaries and shallow coastal waters. Doctoral Thesis. University of Southampton, Faculty of Science, School of Ocean and Earth Science, 211 pp.
- Murphy, J.; Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. Analytical Chimica Acta, 27: 31-36.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y.; Makhloogh, A., 2008. Spatial and temporal distribution of macronutrients and phytoplankton before and after the invasion of the ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, in the Southern Caspian Sea. Chemistry and Ecology, 24(4): 233-246.
- Nasrollahzadeh, H.S.; Makhloogh, A.; Pourgholam, R.; Vahedi, F.; Qanqermeh, A.; Foong, S.Y., 2011. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea, Applied Ecology and Environmental Research, 141-155 P.
- Peter, K.H.; Sommer, U., 2012. Phytoplankton Cell Size: Intra- and Interspecific Effects of Warming and Grazing. PLoS ONE, 7 (11).
- DON as a source of bioavailable nitrogen for phytoplankton. Biogeosciences, 4: 283-296.
- Carmelo, R.T., 1997. Identifying marine phytoplankton. London: Publication Harcourt Brace Company. 858 pp.
- Caron, D.A.; Garneau, M.E.; Seubert, E.; Howard, M.D.A.; Darjani, L.; Schnetzer, A.; Cetinic, I.; Filteau, G.; Lauri, P.; Jones, B.; Trussell, S., 2010. Harmful Algae and their potential impacts on desalination operations off southern California, Water research, 44: 385- 416.
- Dahl, E.; Bagoien, E.; Edvardsen, B.; Stenseth, N.C., 2005. The dynamics of *Chrysochromulina* species in the Skagerrak in relation to environmental conditions. Journal of Sea Research, 54(1): 15-24.
- Greisberger, S.; Dokullil, M.T.; Teubner, K., 2007. A comparison of phytoplankton size-fractions in Mondsee, an alpine lake in Austria: distribution, pigment composition and primary production rates. Aquatic Ecology, 42: 379-389.
- Guillaume, C.; Veronique, M.J.; Estelle, L.; Veronique, S.; Patrick, L.; Pierre, W.; Zouher, A., 2009. The influence of nitrogen speciation on growth and toxicity of *Pseudo-nitzschia multiseries* and *P. pungens* in batch and continuous cultures, ICMSS09, (7<sup>th</sup> International Conference on Molluscan Shellfish), Nantes (France), June 14<sup>th</sup> to 19<sup>th</sup>, 1-7 P.
- Gulland, F.M.; Fauquier, D.; Langlois, G.; Lander, M.E.; Zabka, T.; Duerr, R., 2002. Domoic acid toxicity in Californian sea lions (*Zalophus californianus*): clinical signs, treatment and survival, Veterinary Record, 150: 475-480.
- HAB (Harmful Algal Bloom), 2006. A Study on the Harmful Algal Bloom in the Southwestern Basin of the Caspian Sea, Ministry of Jihad Agriculture & Iranian Fisheries Research Organization & Research Center for Fish Farming in Inland Waters & The Caspian Sea Ecological Research Center.



- invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 612: 281-295.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenolheptochlorite method, *Limnology and Oceanography*, 14: 799-801.
- Taylor, F.J.; Taylor, N.J.; Walsby, J.R., 2007. A bloom of the planktonic diatom, *Cerataulina pelagica*, off the Coast of Northeastern New Zealand in 1983, and its contribution to an associated mortality of fish and benthic fauna, *International Review of Hydrobiology*, 70: 773 – 795.
- Thessen A.E.; Bowers H.A.; Stoecker D.K., 2009. Intra- and interspecies differences in growth and toxicity of *Pseudo-nitzschia* while using different nitrogen sources. *Harmful Algae*, 8: 792-810.
- Tiffany, H.; Britton, M.E., 1971. *The algae of Illinois*. New York, USA: Hafner Publishing Company, 407 pp.
- Trainer, V.L.; Hickey, B.M.; Lessard, E.J.; Cochlan, W.; Trick, C.; Wells, M.L., 2009. Variability of *Pseudo-nitzschia* and domoic acid in the Juan de Fuca eddy region and its adjacent shelves, *Limnology and Oceanography*, 54(1): 289-303.
- Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10: 109-122.
- Wehr, J.D.; Sheath, R.G., 2003. *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. USA: Academic Press, 950 pp.
- Yurkovskis, A., 2004. Long-term land-based and internal forcing of the nutrient state of the Gulf of Riga (Baltic Sea). *Journal of Marine Systems*, 50: 181-197.
- Zabelina, M.M.; Kisselev, I.A.; Proshkina-Lavrenko, A.I.; Sheshukova, V.S., 1951. Diatoms. In: *Inventory of freshwater algae of the USSR*. Sov. Nauka Moscow, 619 pp. (In Russia).
- Zaker, N.H., 2007. Characteristics and Seasonal Proshkina-Lavrenko, A.I.; Makarova, I.V., 1968. *Plankton Algae of the Caspian Sea*. Leningrad, Nauka: L. Science, 291 pp. (In Russia)
- Ren, L., 2002. *Biogeochemical Conversion of Nitrogen in Enclosed Pelagic Coastal Ecosystems of the German Bight: Mesocosm and Modelling Studies*. Doctoral dissertation, Hamburg University, Germany, 161 pp.
- Roohi, A.; Kideys, A.E.; Sajjadi, A.; Hashemian, A.; Pourgholam, R.; Fazli, H.; Ganjian Khanari, A.; Develi, E.E., 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis Leidy*. *Biological Invasions*, 12: 2343-2361.
- Samadi, A.M.; Taheri, H.; Khodadoust, S.; Nasrollahzadeh, H.S.; Najafpour, S., 2013. Study on different forms and phosphorus distribution in the coastal surface sediments of Southern Caspian Sea by using UV-V is spectrophotometry. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 113: 67-71.
- Sapozhnikov, V.N.; Agativa, A.E.; Arjanova, N.V.; Nalitova, E.A.; Mardosova, N.V.; Zobarowij, V.L.; Bandarikov, E.A., 1988. *Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients*. VNIRO publisher: Moscow, 310 pp. (In Russia).
- Shiganova, T.A.; Sapozhnikov, V.V.; Musaeva, E.I.; Domanov, M.M.; Bulgakova, Y.V.; Belov, A.A.; Zazulya, N.I.; Zernova, V.V.; Kuleshov, A.F.; Sokol'skii, A.F.; Imirbaeva, R.I.; Mikuiza, A.S., 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the North Caspian. *Oceanology*, 43(5): 676-693.
- Siapatis, A.; Giannoulaki, M.; Valavanis, V.D.; Palialexis, A.; Schismenou, E.; Machias, A.; Somarakis, S., 2008. Modelling potential habitat of the

- Chemical Society, Washington, DC., 209: 467 pp.
- Zonn, I.; Kostianoy, A.; Kosarev, A.; Glantz, M., 2010. The Caspian Sea Encyclopedia, Springer Heidelberg, New York, 537 pp.
- Variations of Dissolved Oxygen, International Journal of Environmental Research, 1(4): 296-301.
- Zirino, A., 1985. Mapping Strategies in Chemical Oceanography. Advances in Chemistry American