

بررسی میزان نیترات در آب‌های ساحلی محدوده بندر امیرآباد تا سلمان شهر (استان مازندران) در فصل

تابستان

نادیا احمدی، رویا نوربخش* و محمد فرجی

گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۳۱

چکیده

در این مطالعه تعیین میزان آلودگی سواحل جنوبی دریای مازندران به نیترات از تیر تا شهریور ماه سال ۱۳۹۱ انجام شده است. نمونه برداری از سواحل جنوب شرقی دریای مازندران در پنج ترانسکت شامل ۴۵ ایستگاه عمق در سطح و عمق‌های ۵ و ۱۰ متری با روش استاندارد ملی ایران صورت پذیرفت. متوسط غلظت نیترات به ترتیب در ترانسکت سلمان شهر ۵/۳۷، ۸/۸۷ و ۰/۴۷ میلی گرم بر لیتر، در محمودآباد ۵/۸۱، ۹/۹۸ و ۰/۷۶ میلی گرم بر لیتر، در نور ۵/۳۱، ۱۱/۷۶ و ۰/۷۱ میلی گرم بر لیتر، در نوشهر ۵/۴۰، ۱۱/۸۳ و ۰/۶۹ میلی گرم بر لیتر، و در امیرآباد ۱۴/۲۸، ۱۴/۸۹ و ۲/۰۹ میلی گرم بر لیتر بود. بررسی روند تغییرات غلظت نیترات نشان داد که مقدار این آلاینده از سلمان شهر به بندر امیرآباد افزایش می‌یابد. غلظت نیترات در مناطق بررسی شده دارای اختلاف معنی داری بود ($p < 0.05$) اختلاف معنی داری در پارامترهای pH و دما در ستون آب در اعماق ۵ و ۱۰ متر در هیچ کدام از مناطق بدست نیامد ($p > 0.05$).

واژگان کلیدی

آلودگی، غلظت نیترات، pH، دما، بندر امیرآباد، سلمان شهر، مازندران

*نگارنده پاسخگو: roy.bakhsh@yahoo.com

مقدمه

روان آب‌های سطحی و آب‌های زیر زمینی به دلیل استفاده‌های گسترده انسانی و صنعتی از آنها، از اهمیت زیست محیطی بالایی برخوردارند. هر گونه آلودگی آب‌های جاری در بالا دست، تأثیرات نامطلوب زیادی در پایین دست بر جا می‌گذارد، به گونه‌ای که کلیه مصرف‌کنندگان اعم از انسان، جانوران و کشاورزی در معرض خطر زیست محیطی قرار می‌گیرند (EPA, ۲۰۰۳).

از نظر علمی، نیترات محصول نهایی تثبیت هوازی ترکیبات نیتروژن دار و به عنوان پایدارترین ترکیب اکسیژن دار آنها محسوب می‌شود که به مقدار زیاد در آب محلول است. از نظر شیمیایی این ترکیب واکنش پذیر نبوده و تنها میکروب‌ها قادر به احیای آن به نیتريت هستند (نظری، ۱۳۸۸ و ۱۹۹۷، Massaro). نیترات ماده‌ای است که آب‌های زیرزمینی و سطحی را به طور گسترده‌ای آلوده می‌کند. تجمع نیترات در محیط می‌تواند ناشی از هرز آب‌های کشاورزی به علت مصرف بیش از حد کودهای نیتراتی حاوی این ماده باشد، که به طور منتشر آب را آلوده می‌کنند یا از آلودگی‌های نقطه‌ای فاضلاب‌های انسانی که به درستی دفع و فراوری نشده باشند، منشا گرفته باشد. در آب‌های سطحی مقادیر نیترات اغلب کم (صفر تا ۱۸ میلی گرم در لیتر) و به مراتب کمتر از آب‌های زیرزمینی است. تخلیه انبوه فاضلاب‌ها و زهاب‌های کشاورزی و یا جاری شدن شیرابه زباله‌های شهری مهم‌ترین منبع ورود نیترات به آب‌های سطحی محسوب شده و گاهی غلظت نیترات را در آب‌های سطحی تا چندین برابر مقدار آن در آب‌های زیرزمینی نیز افزایش می‌دهند. در سال ۱۳۹۰ سیصد میلیون تن فاضلاب کشاورزی وارد رودخانه‌های سواحل مرکزی دریای خزر شده که این امر آلودگی دریا را مضاعف کرده است (مدرفش، ۱۳۸۶). میزان نیتروژن معدنی محلول در آب دریای خزر در اثر ورود انواع فاضلاب رو به افزایش است. علاوه بر پسماندهای حاوی نیترات در بسیاری از فرآیندهای صنعتی مانند کاغذسازی سوزاندن سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز در نیروگاه‌ها و ماشین‌ها و همه موتورهای با احتراق درون‌سوز به ایجاد اسید نیتریک و آمونیاک می‌انجامد که هوا را آلوده می‌کند. این مواد ممکن است به صورت باران‌های اسیدی به زمین بازگشته و باعث آلودگی سطح زمین شوند افزایش مواد مغذی بویژه نیترات و فسفات منجر به برهم خوردن نسبت N/P می‌شود. افزایش نسبت نیتروژن به فسفر در شرایط خاص باعث افزایش سیانوباکترها می‌گردد. این وضعیت در سال ۱۳۸۴ منجر به افزایش رشد سیانوباکترها و شکوفایی سمی جلبکی در دریای خزر شد (Alles, ۲۰۰۶ ; Melin, ۲۰۰۵).

عوارض سوء مصرف نیترات در انسان در نتیجه احیای آن به وسیله باکتری های دستگاه گوارش و تبدیل آن به نیتريت روی می دهد. پیدایش نیتريت به دو دليل اهميت دارد اول آنکه می تواند هموگلوبين خون را اکسيده کرده و به هموگلوبين تبدیل کند که اين ماده عمل اکسيژن رسانی به بدن را مختل می کند و دوم اينکه نیتريت با بعضی از آمين ها و آميدهای بدن آميخته شده و باعث پیدایش نیتروزامين که ماده ای سرطانزاست، می شود(خسروپناه،۱۳۸۷).

آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) حداکثر غلظت آلاینده (MCL) برای نیترات و نیتروژن در آب های سطحی را برابر با ۱۰ میلی گرم بر لیتر تعیین نموده است. طبق گزارش های این آژانس مشاهده مقادير بیشتر از ۱۰ میلی گرم نیترات در یک لیتر آب های زیرزمینی و تغییرات آن، هرچند کمتر از مقادير پیشنهاد شده و استانداردهای رایج این ترکیب در آب آشامیدنی می باشد، بیانگر تماس لایه آبدار با فاضلاب ها، زهاب کشاورزی، نشت از انبارهای مواد شیمیایی و شیرابه های زباله بوده و به عنوان هشدار برای احتمال آلودگی میکروبی آب نیز تلقی می شود (EPA, ۲۰۰۳). تامین آب سالم و بهداشتی جهت شرب و همچنین حفاظت منابع آبی از آلودگی، یکی از دغدغه های کنونی دولت و مراکز تصمیم گیری کشور است. لذا لزوم جلوگیری از تخریب منابع آبی، با شناسایی، اندازه گیری آلاینده ها و وضع و اجرای قوانین بیش از پیش اهميت پیدا می کند(خسروپناه، ۱۳۸۷ Berlin & Reiner, ۱۹۸۹). لذا در این تحقیق، میزان نیترات، در محدوده بندر امیرآباد تا سلمان شهر دریای مازندران، که از عوامل موثر در شکوفایی فیتوپلانکتون می باشد، مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش ها

برای بررسی میزان نیترات در محدوده ای از جنوب دریای مازندران از بندر امیرآباد تا سلمان شهر، ۵ خط فرضی عمود بر ساحل(ترانسکت) به طول یک کیلومتر تعیین گردید. ترانسکت ها شامل بندر امیرآباد، محمودآباد، نور، نوشهر و سلمان شهر بود. در هر ترانسکت سه ایستگاه افقی در نظر گرفته شد و در هر ایستگاه در سه عمق (سطح، ۵ متری و ۱۰ متری) نمونه برداری به فاصله زمانی یک هفته انجام گردید. در کل از ۴۵ ایستگاه عمق، در فصل تابستان(مرداد ماه) به علت حداکثر تبخیر آب و افزایش غلظت نیترات در آب های سطحی، نمونه برداری انجام گرفت. به علت تغییر مقادير پارامترها و طولانی بودن زمان حمل نمونه ها به آزمایشگاه، عمل تثبیت بلافاصله پس از برداشت، به کمک اسید نیتريك غلیظ بر روی نمونه ها انجام شد (Clesceri, ۲۰۰۵).

نمونه های آب بوسیله نمونه بردار نیسکین با حجم یک لیتر جمع آوری و در محل با کاغذ صافی واتمن فیلتر شده و در بطری های شیشه ای بر روی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. غلظت نیترات به وسیله اسپکتروفتومتر ۲۵۰۰ DR-مدل HACH بر حسب میلی گرم در لیتر گزارش گردید. یک محلول شاهد و یک سری محلول استاندارد با غلظت های مختلف از صفر تا ۵۰ میلی گرم در لیتر یون نیترات به کمک محلول استاندارد نیترات پتاسیم تهیه شد. منحنی مقدار نور جذبی نسبت به غلظت یون نیترات بر حسب میلی گرم در لیتر رسم گردید (منحنی تنظیم برای هر نمونه مورد آزمون باید جداگانه تهیه شود). مقدار غلظت یون نیترات در آزمون از روی منحنی کالیبراسیون بدست آمده برای همان نمونه تعیین و در صورتیکه آزمون رقیق شده بود، با ضریب رقت، تصحیح گردید. تعیین غلظت نیترات طبق روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۵۲ انجام گرفت (الهی، ۱۳۶۱). pH و دما با دستگاه pH متر در محیط بلافاصله پس از نمونه برداری، اندازه گیری شدند.

برای مقایسه نتایج از روش آماری آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و نرم افزار SPSS استفاده شد و نمودار ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج

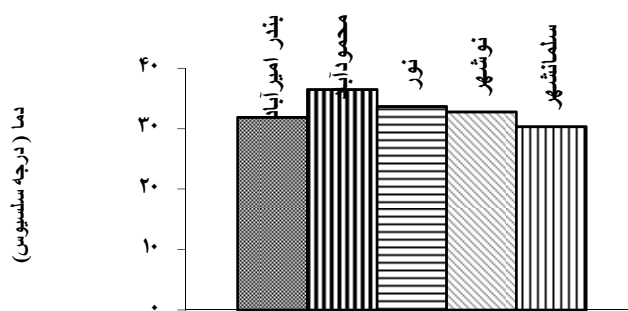
نتایج نشان داد که بیشترین میانگین غلظت نیترات در امیرآباد و کمترین میانگین در سواحل سلمان شهر بوده است (جدول ۱).

علاوه بر این در بررسی میانگین ها، غلظت نیترات در آب های سطحی نسبت به اعماق ۵ و ۱۰ متر هر ایستگاه در ترانسکت ها، دارای اختلاف معنی داری بود ($P < 0/05$)، لیکن در عمق های ۵ تا ۱۰ متری اختلاف معنی داری دیده نشد ($P > 0/05$). میانگین غلظت نیترات در کلیه ترانسکت ها در سطوح مختلف نسبت به حد مجاز نیترات در آب طبق استانداردهای ایران و WHO، پایین تر بوده است. در عمق ۵ متری در سواحل نوشهر، نور و بندر امیرآباد و همچنین در عمق ۱۰ متری در بندر امیرآباد، میانگین غلظت نیترات نسبت به حد مجاز نیترات در آب طبق استاندارد EPA، بالاتر بوده است (جدول ۱).

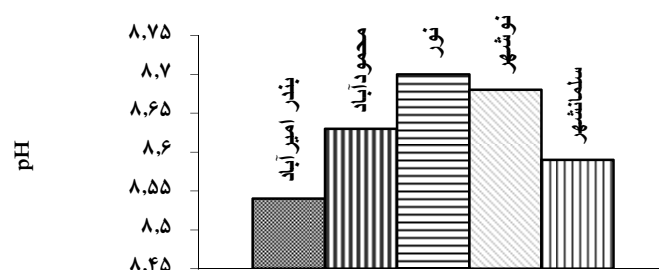
جدول ۱-مقایسه میانگین غلظت نیترات برحسب میلی گرم بر لیتر در هر ایستگاه با استانداردهای ایران، WHO و EPA

حد مجاز نیترات برای آب آشامیدنی			سلمان شهر	نوشهر	نور	محمودآباد	امیرآباد	ایستگاه میانگین غلظت نیترات
WHO	EPA	ایران						
۵۰	۱۰	۵۰	۰/۴۷	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۶	۲/۰۹	در سطح
۵۰	۱۰	۵۰	۸/۸۷	۱۱/۸۳	۱۱/۷۶	۹/۹۸	۱۴/۸۹	در عمق ۵ متری
۵۰	۱۰	۵۰	۵/۳۷	۵/۴	۵/۳۱	۵/۸۱	۱۴/۲۸	در عمق ۱۰ متری

در طول تحقیق، دما در آب های سطحی محمودآباد حداکثر ۳۴ درجه سلسیوس و در سلمانشهر حداکثر ۲۸ درجه سلسیوس ثبت شد. نوسان دمایی از سطح تا عمق ۱۰ متری، ۱ تا ۲ درجه سلسیوس بود. میانگین دمای اندازه گیری شده در همه ایستگاه ها ۳۶/۰۲ درجه سلسیوس تعیین شد(شکل ۱).



شکل ۱- میانگین دمای آب تا عمق کمتر از ۱۰ متر در ایستگاه های مورد بررسی در فصل تابستان سال ۱۳۹۰



شکل ۲- میانگین pH آب تا عمق کمتر از ۱۰ متر در ایستگاه های مورد بررسی در فصل تابستان سال ۱۳۹۰

در بررسی ستون آب در سطوح مختلف هر ترانسکت اختلاف معنی داری بین غلظت نیترات و دما و pH بدست نیامد ($p > 0.05$).

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که، بیشترین میزان دما در آب های سطحی محمودآباد ۳۴ درجه سلسیوس و در سلمانشهر حداکثر ۲۸ درجه سلسیوس بود. نوسان دمایی از سطح تا عمق ۱۰ متری، ۱ تا ۲ درجه سلسیوس بود. میانگین دمای اندازه گیری شده در همه ایستگاه ها ۳۶/۰۲ درجه سلسیوس بدست آمد (شکل ۱).

در منطقه محمود آباد که بیشترین میانگین دما را داشت، دمای آب های سطحی و عمق ۵ متر ۳۲ درجه سلسیوس بود و بین دمای آب های سطحی، ۵ و ۱۰ متر اختلاف معنی دار بدست نیامد ($P > 0.05$). در منطقه محمودآباد، بویژه در ایستگاه اول لایه بندی حرارتی وجود نداشت و این موضوع می تواند به دلیل عمق کم ایستگاه های مذکور باشد. طبق نتایج مطالعه ای که در سال ۲۰۰۵ انجام شده است، تغییرات دمایی در فصل بهار ۶ تا ۸ درجه سلسیوس کمتر از تغییرات دمایی در فصل تابستان است. با توجه به محیط بسته دریاچه مازندران، مهم ترین عامل ایجاد جریان چرخشی آب در فصل پاییز، افزایش تغییرات دمایی سطح و عمق دریاچه می باشد و به همین دلیل در فصل تابستان غالباً چرخش قابل توجهی وجود ندارد (Kideys *et al.*, ۲۰۰۵).

بیشترین میزان pH برابر ۸/۷۹ در ایستگاه نور بود و در ستون آب در سطوح مختلف هر ترانسکت اختلاف معنی داری بین میزان pH بدست نیامد ($p > 0.05$) (شکل ۲).

در نتایج حاضر، میانگین غلظت نیترات در آب های سطحی نسبت به عمق های ۵ و ۱۰ متر در هر ایستگاه در ترانسکت ها، دارای اختلاف معنی داری بود ($P < 0.05$)، لیکن در عمق های ۵ تا ۱۰ متری اختلاف معنی داری دیده نشد ($P > 0.05$). نتایج نشان داد که بیشترین میانگین غلظت نیترات در امیرآباد و کمترین میانگین در سواحل سلمان شهر بوده است (جدول ۱). بالا بودن نیترات در منطقه احتمالاً به دلیل بالا بودن تراکم نیترات محلول در جریان آب رودخانه تجن می باشد در حالی که تراکم پایین نیترات در منطقه سلمانشهر می تواند بدلیل کاهش جریان مواد مغذی به سمت مناطق غربی دریای خزر باشد. همچنین پایین بودن نیترات در سلمانشهر می تواند نشان دهنده مصرف آن در فرایند فتوسنتز باشد که این نتایج با یافته های CEP در سال ۲۰۰۵ و خسروپناه در سال

۱۳۸۷ در سواحل جنوب غربی دریای خزر مطابقت دارد. طبق نتایج خسروپناه بیشترین تراکم نیترات به ترتیب برابر ۰/۱۱ و ۰/۰۹۹ میلی گرم در لیتر در فصل تابستان در منطقه کیشهر به علت افزایش ورود پساب رودخانه سفید رود بوده است. کمترین میزان نیترات ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر در منطقه غربی جنوب دریای خزر (آستارا) ارزیابی شده بود (خسروپناه، ۱۳۸۷ و CEP, ۲۰۰۵). طبق نظر Leonov و همکاران سهم فاضلاب ورودی به دریای خزر از رودخانه تجن نسبت به سایر رودخانه‌های حوزه آبریز در خاک ایران، ۷ درصد می باشد که از نظر بار پساب ورودی به دریای خزر رتبه سوم را بعد از رودخانه‌های سفید رود و ارس در ناحیه جنوب دریای خزر دارد (Lenovo & Nazarow, ۲۰۰۰). نیترات محلول از حوزه آبریز (رودخانه)، از طریق اتمسفر بویژه در هنگام طوفان و بعنوان محصول تولیدی سیانوباکترها وارد دریا می شود (Krupatkina et al, ۱۹۹۱). افزایش ورود پساب و فاضلاب شهری و صنعتی در آب رودخانه‌های مهم جنوب دریای خزر از جمله سفیدرود، تجن، گرگان رود، بابل رود منجر به برهم خوردن توازن مواد مغذی در دریای مازندران شده است و این امر احتمال وقوع شکوفایی را در دریای خزر بالا می برد (مهدی پور، ۱۳۹۱). از مقایسه نتایج تحقیقات انجام شده در سال‌های ۱۳۸۴ با تحقیق حاضر می توان نتیجه گرفت که بطور کلی مواد مغذی در سال‌های اخیر در جنوب دریای خزر افزایش یافته است و سواحل جنوب شرقی دریای خزر در محدوده (بندر امیرآباد تا سلمانشهر) بدلیل کم عمق بودن، مواد مغذی و املاح بیشتری نسبت به سواحل جنوب غربی دریای خزر دارد (CEP, ۲۰۰۵). رخداد شکوفایی متعدد و گسترده در خزر جنوبی از سال ۱۳۸۴ تاکنون، که افزایش نیترات یکی از دلایل آن می تواند باشد، زنگ خطری جدی برای حیات در این پیکره آبی محسوب شود (مهدی پور، ۱۳۹۱). شکوفایی جلبکی ممکن است باعث وقوع دیگر پدیده‌های زیست محیطی دریای خزر مانند مرگ و میر دسته جمعی فک‌ها و ماهیان و همچنین کاهش سریع ذخایر ماهیان خاویاری گردد بنابراین کنترل مواد مغذی از طریق کاهش نیترات در حوزه آبریز دریای خزر از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Feyzioglu, ۲۰۰۶; Alles, ۲۰۰۶). با کنترل ورودی نیترات به دریای خزر و حفظ تعادل N/P از طریق کاهش جریان فاضلاب و پساب یکی از راه‌های موثر جلوگیری از پدیده شکوفایی و کاهش اثرات جبران ناپذیر این پدیده بر محیط زیست و آبریزان دریای خزر می باشد (نظری، ۱۳۸۸; Melin, ۲۰۰۵).

براساس راهنمای سازمان جهانی بهداشت، حداکثر غلظت نیترات در آب آشامیدنی به ۵۰ میلی گرم بر لیتر محدود شده است (WHO, ۲۰۱۱). همچنین طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳، حداکثر غلظت مجاز نیترات در آب آشامیدنی ۵۰ میلی گرم بر لیتر است (دانشمند ایرانی، ۱۳۹۱). سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده

حداکثر مجاز نیترات را ۱۰۱ میلی گرم در لیتر (برحسب نیتروژن) قرار داده که معادل با ۴۴/۸۲ میلی گرم در لیتر برحسب نیترات است (EPA, ۲۰۰۳). بنا به گفته کارشناسان مشاهده مقادیر بیشتر از ۱۰ میلی گرم نیترات در یک لیتر آب های زیرزمینی و تغییرات آن، هرچند کمتر از مقادیر پیشنهاد شده و استانداردهای رایج این ترکیب در آب آشامیدنی می باشد، بیانگر تماس لایه آبدار با فاضلاب ها، زهاب کشاورزی، نشت از انبارها، شیرابه های زباله بوده و به عنوان هشدار برای احتمال آلودگی میکروبی آب تلقی می شود (Dumont, ۱۹۹۸; Krupatkina et al, ۱۹۹۱). در تحقیق حاضر، میانگین غلظت نیترات در کلیه ترانسکت ها در سطوح مختلف نسبت به حد مجاز نیترات در آب طبق استانداردهای ایران و WHO، پایین تر بوده است در حالیکه در عمق ۵ متری در سواحل نوشهر، نور و بندر امیرآباد و همچنین در عمق ۱۰ متری در بندر امیرآباد، میانگین غلظت نیترات نسبت به حد مجاز نیترات در آب طبق استاندارد EPA، بالاتر بوده است.

منابع

- الهی، ح. ۱۳۶۱. روش تعیین یون نیترات در آب. استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۵۲. سازمان ملی استاندارد ایران.
- خسرو پناه، ن. ۱۳۸۷. عوامل محیطی موثر بر شکوفایی سواحل جنوب غربی دریای خزر در دو فصل بهار و تابستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
- دانشمندی ایرانی، ک. ۱۳۹۱. آب آشامیدنی- ویژگی ها و روش های آزمون. استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳. سازمان ملی استاندارد ایران.
- خیاط، م. و گوهری، م. ۱۳۹۱. بررسی اثرات منفی آلاینده ها بر کاهش توازن اکولوژیک دریای خزر. همایش ملی کشاورزی پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات اهواز. بهمن ۱۳۹۱.
- مدرفش، ب. ۱۳۸۶. بقایای سموم آلاینده محیط زیست و استراتژی مقابله با آنها. مجله گیاه سبز. شماره ۶۳: ۴۵-۴۲.
- مهدی پور، ن. ۱۳۹۱. بررسی پیشینه و ارزیابی پتانسیل بروز شکوفایی جلبکی در سواحل جنوبی دریای خزر. گزارش طرح پژوهشی. موسسه ملی اقیانوس شناسی ایران.
- نظری، ز. ۱۳۸۷. بررسی بقایای آلودگی با منشاء هیدروکربن در دریای خزر. مجله سنبله. شماره ۱۸۰: ۳۹-۳۷.

- Alles, D. L. ۲۰۰۶. Marine phytoplankton blooms. ICES of Marine Science Journal, ۲۵:۷۰۰-۷۳۶.
- Berlin, M. & Reiner, D. ۱۹۸۵. Handbook of the toxicology of metals. V.۲, ۲nd Ed. Elsevier Science Publishers B.V., London.
- Caspian Environment Program (CEP). ۲۰۰۵. National Action Caspian Pollution. ۱st Ed. CEP.
- Clesceri, L. ۲۰۰۵. Standard Method for examination of water and waste water. American Public Health Association. USA.
- Dumont, H.J. ۱۹۹۸. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. Limnology and Oceanography, ۴۳:۴۴-۵۲.
- Environmental Protection Agency of USA (EPA). ۲۰۰۳. Ground water & drinking water contaminants and MCLs. EPA. USA.
- Feyzioglu, A. N. & Ogut, H. ۲۰۰۶. Red tide observations along the Eastern Black Sea coast of Turkey Journal of Fishing and Aquatic Science, ۳۰:۳۷۵-۳۷۹.
- Kideys, A. E., Soydemir, N., Eker, E., Vladmyrov., Soloviev, D. & Melin, F. ۲۰۰۵. Phytoplankton distribution in the Caspian Sea during March ۲۰۰۱. Hydrobiologia, ۵۴۳: ۱۵۹-۱۶۸.
- Krupatkina, D. K., Finenko, Z. Z. & Shalapyonok, A. A. ۱۹۹۱. Primary production and size-fractionated structure of the Black Sea phytoplankton in the winter-spring period. Marine Ecology Progress Series, ۷۳:۲۵-۳۱.
- Leonov, A.V. & Nazarov, A.N. ۲۰۰۰. Nutrient input into the Caspian Sea with river run off. Water Resources, ۲۸: ۶۵۶-۶۶۵.
- Massaro, E.J. ۱۹۹۷, Handbook of human toxicology. National Health and Environmental Effects Research Laboratory, CRC Press. Boca Raton, New York.
- Melin, F. ۲۰۰۵. Phytoplankton distribution in the Caspian Sea. Hydrobiologia, ۵۴۳: ۱۵۹-۱۶۸.
- World Health Organization. ۲۰۱۱. Guidelines for drinking-water quality, fourth edition. WHO. USA.