

بررسی روشهای کاهش و حذف آلودگی نفتی (PAHs) در آبهای دریا (خلیج فارس)

پروین ناهید، منوچهر وثوقی، ایران عالمزاده، مهدی برقی و علی محمد صنعتی

مرکز تحقیقات مهندسی بیوشیمی و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف
nahid@sharif.edu

چکیده

منشا آلودگی نفتی آبها بطور عمده هیدروکربورهای آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) می‌باشند تجمع PAHs بصورت کمپلکس در محیط آبی بیماریهایی از جمله سرطان پوست برای آبزیان و انسان ایجاد می‌کند. جهت حذف میکروبی این مواد، نمونه‌برداری از آب مناطق مختلف خلیج با روشهای استاندارد بصورت سطحی و عمقی انجام شد. نمونه‌ها آنالیز گردید و پارامترهای PAHs, COD, TOC و فلزات سنگین تعیین شدند نتیجه‌گیری گردید که آبهای مناطق امام حسن، دیلم و شغاب آلوده‌ترین بوده (میزان PAHs بترتیب 2.7, 4.2, 9.8 ppm) و غلظت آلاینده‌ها در نمونه‌های عمقی نسبت به سطحی بیشتر است.

میکروبهای تجزیه کننده PAHs از رسوبات مناطق آلوده برداشت و جداسازی و شناسایی شدند. آنها اغلب در گروه سودوموناس، گرم منفی و کاتالاز مثبت می‌باشند. توانایی سوبه‌ها از لحاظ تجزیه بیولوژیکی در فلاسک آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد سوبه خالص EM₂ توان حذف نفتالین را بمیزان ۸۰٪ و فنانترون را بمیزان ۵۵٪ دارا می‌باشد. بعلاوه تجزیه پذیری طولانی مدت PAHs بیوراکتور RBC_p (زمان ماند بالا) انتخاب و توانایی میکروبهای مخلوط توسط آن نیز بررسی گردید.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آبها، خلیج فارس، مواد نفتی، حذف میکروبی

مقدمه

ضخامت لکه، سرعت و جهت و حتی نوع نفت آنرا مشخص نمود [۱۰ و ۱۱].

تجزیه کامل PAHs بسته به نوع هیدروکربن فقط توسط دسته‌ای از میکروارگانیزمها از جمله باکتریها و قارچها صورت می‌گیرد. و مسیرهای تجزیه‌ای آنها نیز متفاوت است. باکتریها از دی‌اکسیژناز برای انتقال دو اتم اکسیژن به سوبسترا و تشکیل dioxethane استفاده می‌کنند سپس cis-dihydrodiol و سرانجام محصولات دی‌هیدروکسی تشکیل می‌شوند. قارچها تولید منواکسیژناز سیتوکرم P-450 می‌کنند که یک اتم اکسیژن به سوبسترا انتقال می‌دهد و اکسیدهای آرين (arene oxides) تشکیل شده، با افزودن آب فل و ترانس دی‌هیدرودیول (dihydrodiol) تولید می‌شوند [۱۱ و ۱۲].

در تجزیه PAHs عوامل طبیعی مختلفی از جمله شوری، زمان، دما و وزن مولکولی هیدروکربن نقش دارند. پژوهشگران نشان داده‌اند که چنانچه شرایط محیطی از قبیل غلظت اکسیژن، رطوبت، مواد مغذی و الی مناسب موجود باشد تجزیه بهتر صورت می‌گیرد و همچنین غلبه بر شرایط نامساعد طبیعی برای ادامه حیات و رشد میکروبیها، با افزایش فعالیت آنزیمی و استفاده از مهندسی ژنتیک امکان‌پذیر است [۱۳-۱۵].

در تحقیقات اخیر مشخص شده که شوری محیط رابطه مستقیمی با میزان تجزیه PAHs دارد. میزان تجزیه در محیطهای خیلی شور به دلیل پلاسمولیز شدن میکروبیها و کاهش متابولیسم آنها کاهش می‌یابد. البته برخی از باکتریهای تجزیه کننده از جمله دو نمونه Micrococcus، یک نمونه Pseudomonas و یک نمونه Alcaligenes نشان داده‌اند که تحمل بالایی در مقابل شوری (غلظت NaCl بیش از ۷/۵٪) دارند. فعالیت اشیرشیاکلی و گونه‌ای از قارچها و سازگاری آنها با محیط شور نیز گزارش شده است

[۱۶ و ۱۷].

مواد و روشها

نمونه برداری از آب دریا در ایستگاههای زیر که بنظر می‌رسد از آلودگی نفتی بالایی برخوردارند توسط نمونه‌گیر مخصوص و با روشهای استاندارد انجام گرفت [۱۸ و ۱۹]. شکل ۲ شمایی از

آلودگی نفتی آنها علاوه بر آثار مخرب روی ارگانیزمهای دریایی با گسترش در سواحل سبب بروز بیماریهایی از قبیل سرطان و عوارض ژنتیکی می‌گردد [۱ و ۲]. این آلودگیها بطور عمده شامل هیدروکربورهای حلقوی PAHs از جمله بنزوپیرین، آنتراسن، فلورانتن و فراوانترین آنها نفتالن و فناترن و همچنین عناصر فلزی سنگین از قبیل Cr, Cd, Pb می‌باشند. مهمترین روشهای حذف این آلودگیها (جداسازی فیزیکی نفت شناور)، Absorbing (جذب)، Gelling (ژلسازی)، Sinking (غوطه‌وری) Emulsification (امولسیون‌سازی) و Bioremediation (تصفیه بیولوژیکی) می‌باشد. اغلب این روشها بر اساس جابجا کردن، پخش نمودن و انتقال آلودگیها بوده، باعث حذف آلاینده‌ها نمی‌شوند ولی روش بیولوژیکی باعث حذف کامل آلودگی می‌گردد [۳-۵].

با ریزش مواد نفتی در دریا، نفتهای ناپایدار شامل گازولین، کروزن و دیزل سرعت از سطح دریا ناپدید می‌شوند ولی نفتهای پایدار مثل نفت خام و محصولات سنگین پالایش خیلی آهسته پراکنده شده نیاز به پاکسازی شدید دارند [۶].

خلیج فارس (مساحت $250,000 \text{ Km}^2$ ، عمق ۳۵m) به دلیل واقع بودن در ناحیه بسیار گرم منطقه معتدل شمالی، تبخیر سالیانه زیاد و ورودی آب شیرین و باران بسیار کم دارای اکوسیستمی بسیار ویژه است [۷-۹]. جابجایی ۶/۴ بلیون بشکه نفت تولیدی کشورهای ساحلی در سال که حدود ۴۰٪ کل نفت جابجا شده در آبهای جهان است، از طریق این خلیج و تنگه هرمز انجام می‌گیرد. ضایعات دو جنگ خلیج فارس مثلا جنگ بین عراق با آمریکا و متحدانش حدود ۱۱/۵ میلیون بشکه نفت را روانه خلیج نمود. همچنین تصادف نفتکشها و نفتهای تخلیه شده همراه آب توازن کشتیها آلودگی نفتی زیادی را در منطقه به‌مراه داشته است. شکل

۱ پراکنش لکه‌های نفتی را در خلیج فارس و سواحل ایران نشان می‌دهد. شناسایی و سنجش روند حرکت لکه نفتی با استفاده از روشهایی مثل تابش نور مادون قرمز، نور فرابنفش و یا اشعه لیزر و از طریق اسکنر مادون قرمز، دوربین‌ها و وسائل دیگر توسط ماهواره یا هواپیما انجام می‌شود. ماهواره‌های لندست، اسپات و Mosi ژاپن معمولاً بکار می‌روند. با این روشها می‌توان سطح و

مقاوم جدا و وارد محیط کشت اختصاصی SBM مخصوص باکتریهای دریایی گردید. پس از کشت مناسب میکروبیها عملیات غربالسازی جهت خالصسازی آنها انجام شد و توانایی میکروبیها از طریق میزان کاهش COD، TOC، و PAH_s تعیین گردید.

بررسی تجزیه پذیری میکروبی آلاینده های نفتی در فلاسک آزمایشگاهی

باکتریهای انتخاب شده در محیطهای مغذی همراه با مواد آلاینده (۱- نفت خام ۲- PAH_s نفتالین یا فنانترن) در ارلن ها روی شیکر در شرایط ۱۰۰rpm و ۳۰ °C قرار گرفته توانایی حذف آنها مطالعه شد (۷-۷/۵ pH بهینه).

مطالعه در بیوراکتور (Rotating Biological Contactor, Packed) RBC_p

با توجه به تجزیه پذیری طولانی PAH_s، راکتوری مورد نیاز بود که دارای فیلم میکروبی چسبیده بوده زمان ماند طولانی تری برای عادت دهی میکروبیها به مواد دیرتجزیه ایجاد کند، پس RBC_p با آکنه هایی که سطح ویژه بالایی را برای جرم سلولی چسبیده ایجاد می کنند، انتخاب شد (شکل ۳).

در بیوراکتور همان محیط کشت مغذی در فلاسک ها بکار رفت فقط بجای گلوکز از ملاس چغندر قند بعنوان منبع کربن استفاده شد. خوراک ورودی نمونه آب دریای رقیق شده + نفت خام یا نفتالین (محلول شده توسط Tween 80) با pH ۷/۸ بود.

برای تلقیح، لجن فعال پالایشگاه + مخلوطی از باکتریهای خالص سازی شده بکار رفت. جهت ارزیابی، COD خروجی و میزان رشد (MLSS) اندازه گیری شد و تغییرات COD خروجی و غلظت سلولهای معلق در بیوراکتور رسم گردید (شکل های ۶-۴).

نتیجه گیری

نتایج آزمایشات فیزیکوشیمیایی (جدول ۱) نشان می دهد که محیط نمونه های آب خلیج فارس خنثی بطرف قلیایی است حدود pH (۷/۶۵-۸/۳) و کدورت ذرات معلق نسبتا کم و کل جامدات معلق مقادیر کوچکی می باشد. قابلیت هدایت الکتریکی EC حدود ۱۱-۶۲/۱ m.s/cm و نمونه دیر DR از همه کمتر و نمونه امام حسن از همه بیشتر بود. در کل نمونه های سطحی EC کمتری از نمونه های عمقی نشان می دهند. TDS نمونه ها (mg/l)

نمونه گیر را نشان می دهد. ایستگاههای نمونه برداری و کد آنها عبارتند از شغاب SH، دیلم DA، امام حسن EM، گناوه GN، دیر DR، کنگان KN، اسکله بهمن BA و عسلویه AS.

آنالیزها:

۱- ابتدا فاکتورهای محیطی که بر فعالیت بیولوژیکی مؤثر هستند از جمله میزان شوری، pH، کاند کتیویته، TDS و غیره بوسیله دستگاههای زیر تعیین شد. شوری سنچ از نوع Meter pp-20 - Sartorius. Professional pH متر 766 Calimatic و کاند کتیویته Hana Instruments (جدول ۱).

۲- فلزات سنگین که از شاخصهای آلودگی نفتی هستند از قبیل نیکل، کادمیم و کرم توسط اسپکتروگراف جرم اتمی AAS₅ Analytic Jena GmbH 6000.126 Zeiss اندازه گیری شدند (جدول ۲).

۳- پارامترهای آلودگی نظیر COD، TOC و غلظت PAH_s (مجموع غلظتهای نفتالین و فنانترن که از نظر انتشار گسترده در محیط بسیار مهم هستند) نیز با وسایل و دستگاههایی مثل HPLC Ins. و SKALAR TOC Analyzer CA10 UV, Odssil تعیین گردید. (جدول ۳).

شناسایی و جداسازی میکروارگانیسمهای فعال

با توجه به نتایج بدست آمده، از رسوبات سواحل امام حسن، شغاب، دیلم و گناوه که آلوده تر از آبهای این مناطق هستند برای جداسازی میکروبیها استفاده شد. شناسایی میکروبیها با مطالعه خصوصیات میکروسکوپی و ماکروسکوپی آنها (جدول ۴) توسط روشهای زیر انجام شد.

سوسپانسونی از رسوبات آلوده در سرم فیزیولوژی (۱۰g رسوب در ۹۰ml سرم) که به میزان ۰/۱٪ به آن Tween 80 به عنوان دیترجنت اضافه شده بود مدتی بهم زده شد. بعد با بکار بردن روش کشت غنی شده 1ml از مایع حاصل به ۵۰ml محیط TSB (شامل ۵ NaCl، ۱۷ Pepton from cosein، ۱/۵ Pepton from soy meat، ۳، ۲/۵ K₂HPO₄، ۳ گرم بر لیتر) اضافه شده در شیکر با دور ۹۰ rpm و دمای ۳۰°C قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت جرم میکروبی مناسبی مشاهده شد. در مراحل بعد کروژن با غلظتهای مختلف اضافه و باکتریهای

۱۰۵۰۰۰-۶۰۰۰) حاکی از مقادیر قابل ملاحظه‌ای از جامدات محلول می‌باشد. در مورد فلزات سنگین حداکثر غلظت Cr, Ni, Cd در آبهای منطقه امام حسن (۳/۱۰، Ni ۵۴/۶ و ۳۸/۲ ppb, Cr - جدول ۲) و کمترین مقدار در عسلویه و کمترین مقدار Cd و Cr در بندر گناوه مشاهده شده است. در منطقه امام حسن پارامترهای COD و TOD نیز بالاتر از مناطق دیگر است. بخصوص غلظت PAHs که از حد مجاز نیز بالاتر است (جدول ۳) این بدلیل نزدیکی به بندرگاه و تاسیسات نفتی است.

با توجه به مطالعات میکرو و ماکروسکوپی (جدول ۴) و شناسایی و بررسی ۸ گونه باکتری با قابلیت حذف هیدروکربورها، چنین نتیجه‌گیری گردید که غالب باکتریهای جدا شده سودوموناس، کاتالاز مثبت و گرم منفی هستند. در بسیاری از این منابع نیز قابلیت این گروه از میکروبها در حذف مواد هیدروکربوری گزارش شده است.

از بین باکتریهای فوق چند سویه خالص از مناطق امام حسن، شغاب و گناوه نشان دادند که بهترین هستند و قادرند در محیطهای نفتی و اختصاصی بالاترین تولید توده سلولی را داشته باشند. نتایج تصفیه بیولوژیکی در فلاسک آزمایشگاهی توسط سویه‌های خالص باکتری نشان داد که حداکثر درصد حذف نفتالین ۸۰٪ بوده که مربوط به سویه خالص EM₂ است، همچنین برای حذف آلودگی به زمان نسبتاً طولانی نیاز است و روند منحنی‌ها نیز نسبتاً یکسان است. بطوریکه در ابتدا با شیب اندکی

the fungi isolated from coal tar contaminated soil", 4th International Chemical Eng. Congress April 24-27, 2000, Shiraz, Iran.

6- UNEP "An Approach to Environmental impact Assessment for projects Affecting" The Coastal and marine Environment" UNEP Regional seas Reports and studies, 1990.

7- Bnewer P. and Dyrssen, G. "Chemical oceanography of Persian Gulf prog." Oceanary, 1985, 19, pp 41-55.

8- Renolds RM "physical oceanography of The Persian Gulf strait of Hormoz and Golf of Oman Results from The expedition" Mar pollution, 1993, 27, pp 32-60.

9-Bamaby, F. "The Environment impact of the Persian Gulf war" The Ecologist, 1991, 21 (4): 166-172.

10- Esmaili H. "Environmental pollution of Iran as a consequence of The Kuwait war" Dept of Education and Research. Ministry of Jahad Tehran, 1998.

حرکت کرده سپس تند و در انتها کند می‌شود. دلیل کند شدن شیب منحنی‌ها کمبود مواد غذایی در محیط است که باعث کاهش رشد و فعالیت میکروبها می‌شود (شکل ۴). همچنین سویه خالص EM₂ پس از ۴۵ روز، قادر به حذف حداکثر ۵۵٪ از نفتالین است، به این دلیل که فناترن تعداد حلقه‌هایی بیشتر از نفتالین دارد. آزمایشات حذف PAHs در بیوراکتور Biopack انجام شد و در مرحله عادت‌دهی (حدود ۲۵ روز) غلظت COD خروجی و میزان MLSS اندازه‌گیری گردید (اشکال ۵ و ۶). پس از پایان این مرحله و رسیدن به حالت پایدار، با افزایش شدت جریان و غلظت COD ورودی به بیوراکتور و کاهش زمان ماند، میزان حذف COD و نفتالین به ترتیب ۷۳ و ۶۶٪ حاصل گردید.

نتیجه کلی اینست که باکتریهای شناسایی شده بعلت اینکه از محیط شور جدا شده‌اند، قابلیت تجزیه و حذف مواد نفتی را در محیط شور (دریا) دارا می‌باشند.

قدردانی:

بدین وسیله سپاسگزاری خود را نسبت به معاونت پژوهشی دانشگاه که همکاری لازم را در کامل شدن این پروژه داشته‌اند ابراز می‌داریم.

مراجع:

1- Langwalddt, J. H. Puhakka J. H, "In site biological remediation of contaminated ground water a review" Env. Pollution, 2000, 107, pp 187-197.

2- Aminipour, B. N., Jalili, A. A "Tracking of oil spill and smoke plan of Kuwait oilwells fine of 1991 persian Gulf war to the coasts and territory of Iran" SCWNRC Ministry of Jahad sazandegi, 1998, Tehran, Iran.

3- Tanlough F., Guerin "A pilot study for the selection of a bioreactor for remediation of ground water from a coal tar contaminated site" Journal of Hazardous Materials, 2001, B89, pp 241-252.

4- M. Vossoughi, S. Yaghmaei, and I. Alemzadeh, A. Safekordi "Some investigation on bioremediation of PAH contaminated soil", Int, J. of Engineering, 2002, 15 (1).

5- S. Yaghmaei, M. Vossoughi, A. Safekordi and I. Alemzadeh, " Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by

11- Escantin, E and porte "Assessment of PAH Pollution in coastal areas from The NW mediteranean Through The analysis of fish bile" Marine pollution Bulletin 1999, Vol. 38, No. 12.

12- S. Yaghmaei, M. Vossoughi, A. Safekordi and I. Alemzadeh, "Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by fungi isolated from coal tar contaminated soil", Chisa 2000, 27-31 Agust. 2000, Praha. Czech.

13- S. Yaghmaei, M. Vossoughi, A. Safekordi and I. Alemzadeh, "Modeling and simulation on bioremediation process", 4th National Chemical Eng. Congress Feb. 1999, Tehran, Iran.

14- S. Yaghmaei, M. Vossoughi, I. Alemzadeh and A. Safekordi, "Bioremediation of soil contaminated by poly nuclear aromatic hydrocarbon, Second National Conference of Environmental Contaminants, September 1998, Rasht, Iran.

15- S. Yaghmaei, M. Vossoughi, I. Alemzadeh and A. Safekordi, "Bioremediation of Coal tar

contaminated soil isolation and purification of PAH utilizing microorganisms from soil", Second INTRESC, 98, 12-16 Dec. 1998, Tehran. Iran.

16- Zhongming Zheng, Jeffrey Philip Obbard; "Removal of Surfactant Solubilized Polycyclic aromatic hydrocarbons by phanerochaete chrysosporium in a rotating biological contactor reactor", Jounal of Biotechnology, 96 (2002), 241-249.

17- A. R. Dincer, F. Kargi, "Performance of rotating biological disc system treating saline wastewaters", Process Biochemistry, 36 (2001), 901-906.

18- Standard Methods for the examination of water and wastewater, (1995), 19th ed. APHA/AWWA/WEF, Washington Dc, USA.

19 - Complication of EPA'S Sampling and Analysis Methods, 1996, USA.

جدول ۱ - نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب دریا

pH	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l	VS mg/l	TSS mg/l	TDS mg/l	کنداکتیویته $\mu\text{s/cm}$	شوری	کد ایستگاه
8.1	401.8	87.7	37.6	23000	2.2	46410	39.8	59.5	SH
7.65	600.3	131.4	50.4	12775	3.6	85950	60.2	40.2	DA
7.87	667.67	146.0	56.0	61690	5.6	94680	62.1	42.0	EM
7.87	633.7	140.1	51.52	5920	3.2	73210	61.8	41.6	GN
8.1	623.6	135.7	52.64	12320	3.0	81600	58.8	39.4	DR
7.71	--	--	--	52106	4.2	105900	11.0	31.6	KN
8.22	610.6	142.7	50.6	14136	3.7	87170	58.3	38.9	AS
8.28	615.4	139.2	47.9	48290	5.2	104560	58.9	39.1	BA

جدول ۲ - غلظت عناصر سنگین (ppb) در آبهای بنادر خلیج فارس

کد محل نمونه برداری نوع فلز سنگین	SH	DA	EM	GN	DR	AS
Ni	38.6	28.2	54.6	32.7	29.75	23.9
Cr	26.3	19.3	38.2	14.12	17.80	19.3
Cd	8.3	7.22	10.3	5.08	5.34	5.3

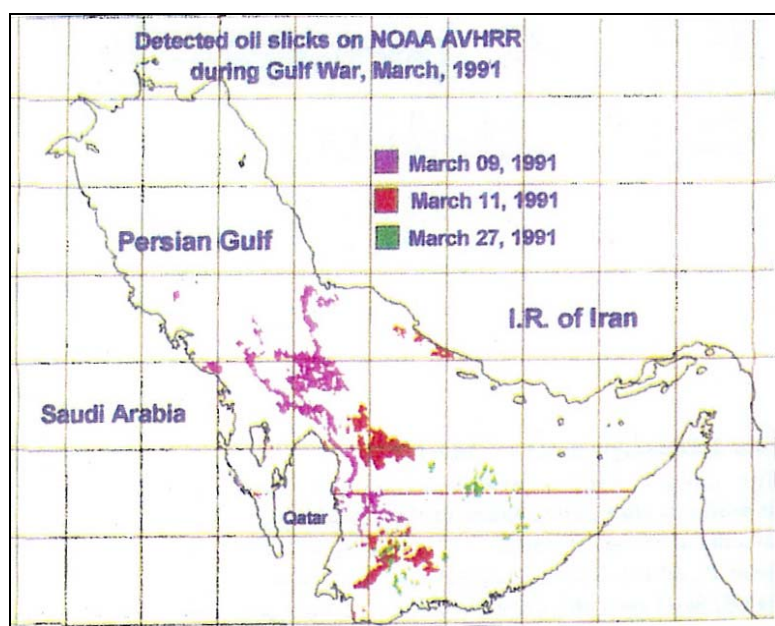
جدول ۳ - غلظت مواد آلاینده در آب ایستگاههای نمونه برداری (ppm)

کد ایستگاه نوع آلودگی	SH	DA	EM	GN	DR	AS	KN
COD	172.2	350.2	1050	121.8	109.25	153.9	263.6

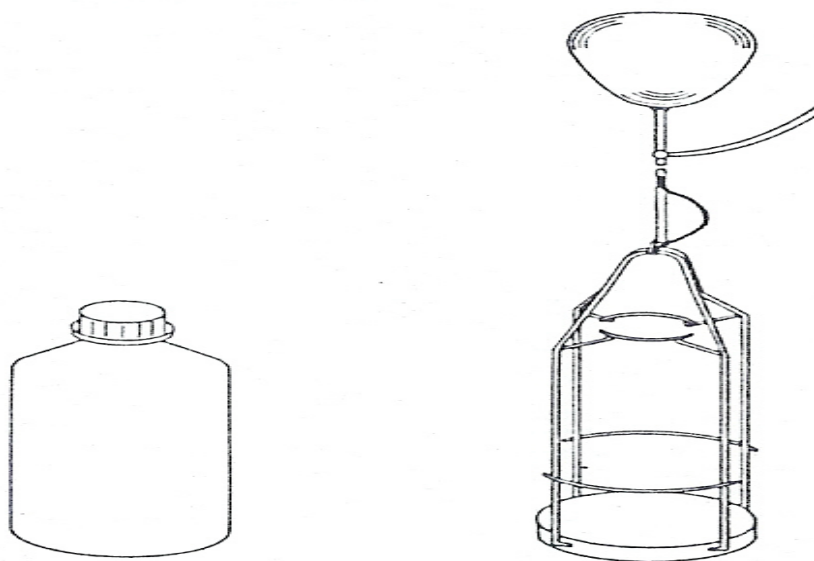
TOC	6.15	13.6	41.6	4.02	4.37	5.43	10.3
PAH	2.67	4.25	9.83	1.11	1.02	1.29	---

جدول ۴ - خصوصیات ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک و آزمایشات شناسایی باکتریها

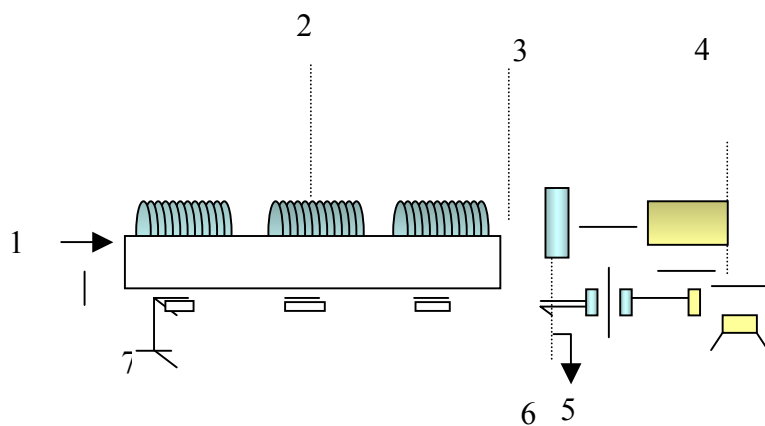
نام باکتری	مشخصات ماکروسکوپی	مشخصات میکروسکوپی	تست کاتالاز	تست اکسیداز
GN ₁	کلنی های تک تک به رنگ سفید	باسیل های گرم منفی	+	--
GN ₂	کلنی های بیرنگ، مدور - موکوئیدی	کوکسیهای گرم مثبت	--	--
GN ₃	کلنی های سفید - مدور	کوکوباسیلهای گرم منفی	--	--
DA ₁	کلنی های سفید، موکوئیدی	باسیل های بلند گرم مثبت	+	--
DA ₂	کلنی های گرم رنگ، مدور - موکوئیدی	باسیل های بلند نازک گرم منفی	+	--
EM ₁	کلنی های سفید، مدور - کدر	باسیل های گرم مثبت اسپوردار	+	--
EM ₂	کلنی های گرم رنگ موکوئیدی کشدار	باسیل های بلند و درشت گرم منفی	+	--
SH	کلنی های گرم مایل به زرد، موکوئیدی	باسیل های گرم منفی	+	+



شکل ۱ - پراکنش لکه نفتی در خلیج فارس و سواحل ایران در ماه مارس ۱۹۹۱

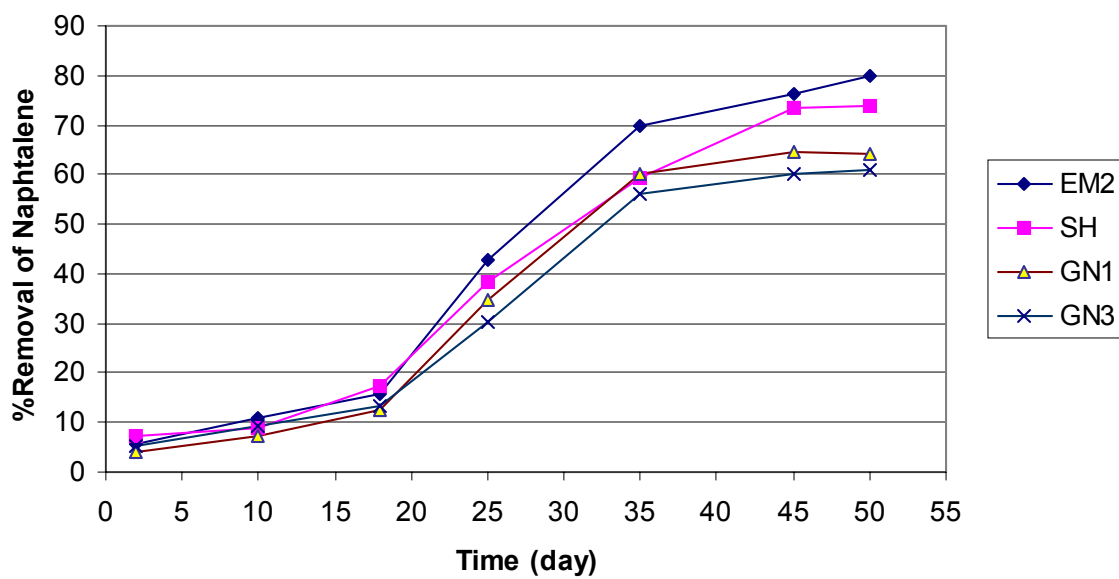


شکل ۲- شمایی از یک نمونه‌گیر برای نمونه‌برداری از آب دریا

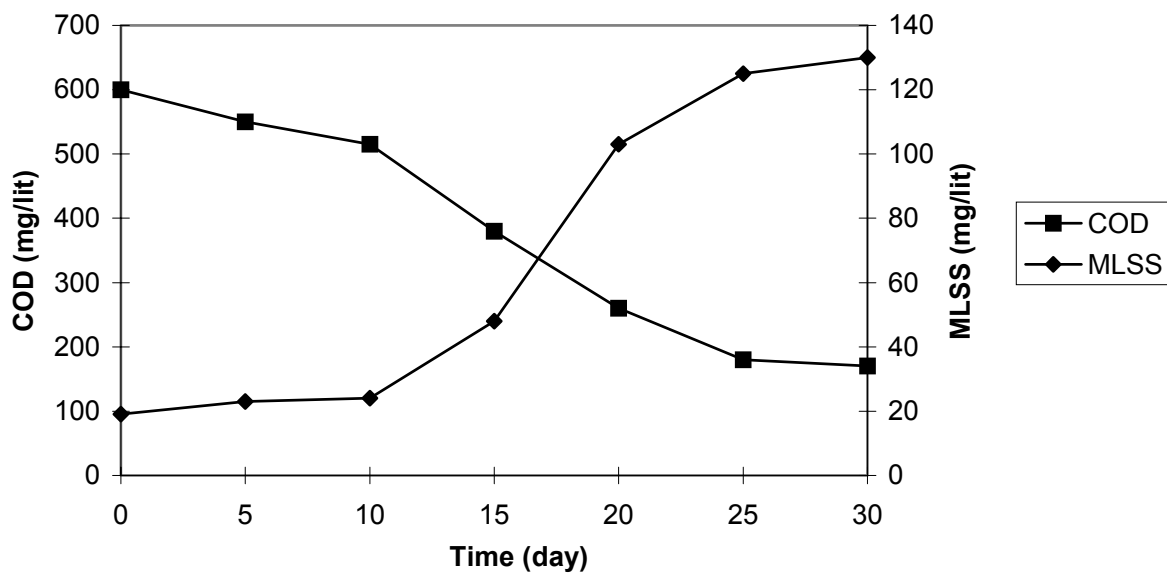


1- inlet, 2- rotating cylinder, 3- shaft, 4- drive motor, 5- joint, 6- outlet, 7- drain

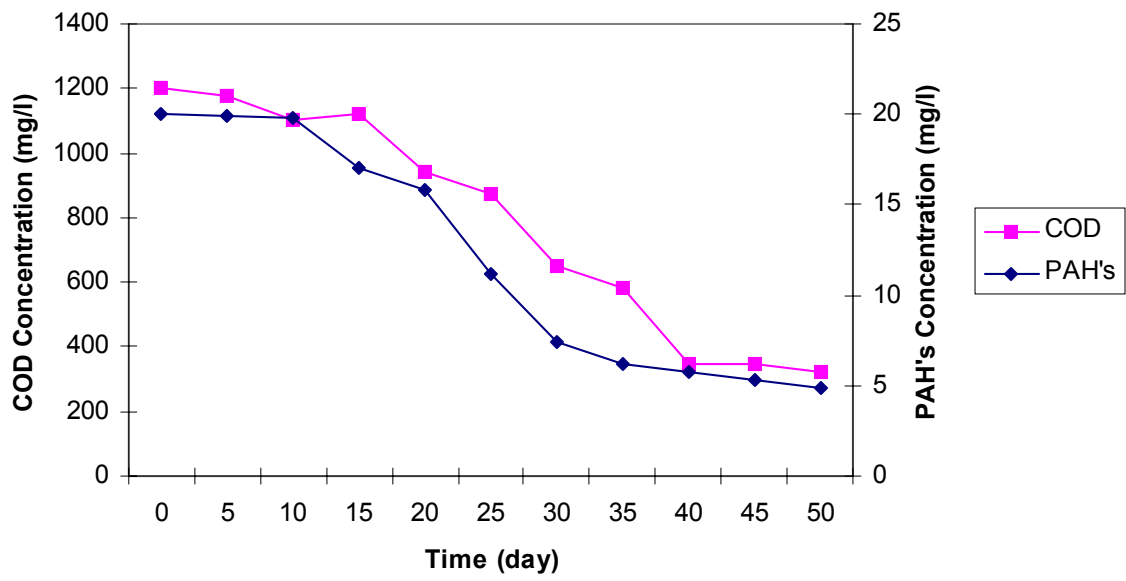
شکل ۳- تصویر شماتیکی بیوراكتور RBC_p



شکل ۴ - مقایسه درصد حذف نفتالن توسط باکتریهای استخراج شده



شکل ۵ - تغییرات غلظت COD، و MLSS در بیوراکتور (mg/l)



شکل ۶ - تغییرات غلظت COD و PAH_s (mg/l) در بیوراکتور RBC_p

**Removal and decreasing methods of oil pollution (PAH_s) in sea water
(Persian Gulf)**

**Nahid, P. Vossoughi, M. Alemzadeh, I. Borghei, M. and Sanati, A. M.
BBRC, Sharif University of Technology**

ABSTRACT

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH_s) are the main pollutants in oil pollution. PAH_s accumulation in aqueous phase causes some aquatic and human disease such as skin cancer. Biodegradation methods of PAH_s removal were studied using flasks and a reactor. Standard sampling was performed from polluted areas in Persian Gulf and samples were analysed. COD, TOC, PAH_s and heavy metals were determined. It was dedicated that, Emam Hassan (EM), Deilam and Shaghab were most polluted areas (PAH_s equals 9.8, 4.2, 2.7 ppm respectively), and samples from the dept showed more pollution than from the surface. For the biological treatment, most active species of bacteria were isolated from the soil of the pollutel stations. Most of them are among pseudomonas, gram⁻ and catalase⁺. Rotating biological contactor, packed (RBC_P) by providing high acclimation time for the microbial mass, showed very applicable. The pure bacterial culture from EM showed, 80% removal efficiency for naphthalene and 50% for phenanthrene.

Key Words: Sea water pollution, Persian Gulf, PAH_s, biodegradation