

ارائه راهکار کنترل و جلوگیری از رشد رسوبات زیستی و بارناکل‌ها در بدنه کشتی‌ها و تأسیسات دریایی

فاطمه دارابی تبار^۱، سید علی اکبر هدایتی^۲

darabitabar@gmail.com

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استادیار گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

هدف از این مطالعه ارائه راه‌کاری به‌منظور جلوگیری از رشد بارناکل‌ها در بدنه کشتی‌ها و تأسیسات دریایی می‌باشد. بارناکل‌ها و رسوبات زیستی برای صنایع دریایی مشکلاتی را ایجاد می‌کنند و سالانه باعث زیان‌های اقتصادی فراوانی می‌شوند. بسیاری از مولکول‌های خاصی به‌عنوان لاکتون ماکروسیکلک (ایورمکتین) شناخته شده‌اند که به‌طور معمول توسط باکتری خاصی تولید می‌شوند. هنگامی که این مولکول‌ها با پوشش ضدخزه ترکیب شوند، مانع از رشد بارناکل‌ها می‌شوند. لاکتون ماکروسیکلک می‌تواند جایگزین مس در پوشش‌های ضد خزه شود. یکی دیگر از ترکیبات مهار کننده، کتامینز و نانوذرات پنتواکسید وانادیوم می‌باشد که به عنوان روش‌های جدید مانع از رشد جلبک و باکتری می‌شود. برای انتخاب سیستم رنگ مناسب باید به عوامل طراحی و کاربری و محیطی نیز توجه نمود. در مجموع مهم‌ترین راهکارهای کنترل رسوبات زیستی در بدنه تأسیسات دریایی شامل موارد زیر می‌باشد: نقاط با میزان دسترسی کم در هنگام شست‌شوی بدنه شناور در حوضچه خشک باشد. شناورها کمتر به صورت ساکن باشند. بهترین روش مبارزه خزه تراشی بدنه شناور در داخل حوضچه خشک است. آزمایشات تشخیص گونه‌های غیربومی در شناورهای خارجی صورت گیرد. برای از بین بردن رسوبات در فاصله بین مخازن زیر پایه از روش بلاستینگ استفاده شود. مسیرهای کشتی‌رانی، تغییرات آب و هوایی، درجه حرارت، منابع غذایی در محیط، شوری و میزان عمق در میزان خزه‌زدگی شناورها تأثیرگذار است و نیازمند دقت بیشتر می‌باشد.

واژگان کلیدی: فولینگ، گونه مهاجم، پوشش ضدخزه، بدنه کشتی‌ها، رسوبات زیستی

تاریخ دریافت مقاله : ۹۴/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۵/۰۳/۱۴

۱- مقدمه

کشتی چسب یا بارناکل نام گروهی از جانوران بندپا از فرورده مژه پایان^۱ است که به زیرشاخه سخت‌پوستان، رده آرواره پایان^۲ تعلق دارد و بنابراین از بستگان دور خرچنگ‌های دریایی به شمار می‌آید. بارناکل‌ها سخت‌پوستانی هستند فیلتر کننده و چسبنده که به سطوح مختلفی جهت زندگی می‌چسبند. آن‌ها با توجه به نوع گونه بسترهای مختلفی را برای استقرار و ادامه زندگی انتخاب می‌کنند که این بسترها طیف وسیعی از مواد جامد موجود در محیط‌های آبی شامل صخره‌های بین جزر و مدی تا آب‌های عمیق، اجسام غرق شده یا معلق بر روی آب، سازه‌های ساحلی و دریایی، بدنه کشتی‌ها و قایق‌ها، تورهای ماهیگیری کاراپاس خرچنگ‌ها و لاکپشت‌ها، مارهای دریایی و وال‌ها را در برمی‌گیرد [۱].

بارناکل‌ها یکی از عوامل مهم رسوبات زیستی^۳ هستند که موجب انباشت حیات دریایی روی بدنه کشتی‌ها، کاراپاس خرچنگ و دیگر سطوح می‌شود و کشش روی این محیط‌ها را افزایش می‌دهند. و به تولید چسب‌های زیستی کمک کرده و به ساخت پوشش‌های ضد لکه جدید بخصوص برای کشتی‌ها کمک می‌کند [۲]. بارناکل‌ها سخت‌پوستانی کفزی و چسبیده به بستر هستند که در صدف آهکی زندگی می‌کنند. آن‌ها گروه بسیار موفقی‌اند که تقریباً در همه مناطق جغرافیایی و در زیستگاه‌های آبی مختلف شامل آب شور اقیانوس‌ها، خلیج‌ها و دریاها و آب لب شور بعضی مصب‌ها و دریاچه‌ها و در سطوح مختلف از عمق چند هزار متری تا مناطق فوق جزر و مدی پراکنده شده‌اند [۳].

بارناکل‌ها از جمله گروه‌های مهم مزاحم هستند که مشکلاتی را برای صنایع دریایی ایجاد می‌کنند و سالانه باعث زیان‌های اقتصادی فراوانی می‌شوند. از جمله آنکه بارناکل‌های بالغ با اتصال به بدنه کشتی‌ها باعث تخریب بدنه، افزایش مصرف سوخت و کاهش سرعت آن‌ها می‌-

شوند و همچنین با اتصال به سازه‌های دریایی تخریب فرسایشی آن‌ها را به همراه دارند [۴].

۱-۲- ویژگی زیستی

بارناکل‌ها دارای دو نوع مرحله لاروی به نام‌های ناپلیوس و سیپرید هستند و این دو مرحله نقش‌های بسیار متفاوتی ایفا می‌کنند، زیرا در یکی از این مراحل ناپلیوس آب را از سطح پاک می‌کند و مرحله دیگر سیپرید به سطح می‌چسبد. لارو سیپرید بارناکل نوعی قطره روغنی را برای پاک کردن آب از سطوح ترشح می‌کند و این عمل را پیش از چسبیدن آن به سطح با استفاده از نوعی چسب فسفوپروتئین صورت می‌دهد. نکته کلیدی در سیمان محکم کشتی چسب‌ها قطره روغنی است که لارو آن‌ها پیش از چسبیدن آزاد می‌کند.

این قطره روغنی آب را از سطح می‌زداید و به جانور اجازه می‌دهد تا چسب فسفوپروتئینی^۴ خود را روی سطح بریزد. پیشتر دانشمندان گمان می‌کردند که ترکیب این دو ماده ابر چسب قوی را ایجاد می‌کند [۲]. اغلب کشتی‌چسب‌ها به دلیل ثابت بودن نسبت به تغییر شرایط محیطی حساس هستند و ضمن تأثیر گرفتن از تغییر شرایط می‌توانند در مقابل از خود واکنش نشان دهند. بنابراین تغییر شرایط محیطی می‌تواند بر جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی آن‌ها تأثیرگذار باشد. در میان فاکتورهای غیر زیستی محیط که چرخه تولید مثلی را تحت تأثیر قرار می‌دهند یک مورد تغییرات دمایی فصلی است. این تغییرات دمایی به عنوان تنظیم‌کننده فعالیت‌های تولیدمثلی مانند شروع گامت‌زایی دارای اهمیت است.

فرایندهای فیزیولوژی تولید مثلی در بسیاری از گونه‌ها به دماهای خاص محدود می‌شوند و این حتی ممکن است به عنوان عامل اصلی محدود کننده جمعیت مطرح شود. در مناطق مستعد برای تغییرات در شوری مانند مناطق تحت تأثیر مانسون، کاهش در شوری در دوره‌های بارندگی به عنوان عامل محدودکننده تولید مثل و استقرار لاروها در

¹ Cirripedia

² Maxillopoda

³ Biofouling

⁴ Phosphoprotein

موجودات بی‌تحرک کوچک، موجودات ساکن در نقب یا گونه‌های چسبیده هستند، اما گونه‌های متحرکی چون خرچنگ‌ها، ستاره‌های شکننده را نیز شامل می‌شوند [۷]. فرآیند استقرار معمولاً همانند یک توالی رخ می‌دهد؛ به این صورت که در ابتدا بیوفیلم‌ها تشکیل شده و به دنبال آن گونه‌های زیست مزاحم بزرگتر مستقر می‌شوند. در واقع این فرآیند شامل چسبیدن بیوفیلم‌ها (باکتری‌ها، سیانوباکترها و دیاتومه‌ها)، جلبک‌های سبز تاژکدار (اغلب گونه‌های *Entromorpha*) جلبک‌های قهوه‌ای و قرمز و استقرار موجودات چسبیده و کفزیان متحرک می‌باشد [۸].

معمولاً تنوع جوامع زیست مزاحم در سطوحی که برای مدت زمان طولانی بی‌تحرک در آب قرار می‌گیرند مثل پایه‌های اسکله، تجهیزات حفاری، قایق‌ها، باراندازهای شناور و کشتی‌ها افزایش یافته و محدوده‌ی وسیعی از موجودات مانند جلبک‌ها، اسفنج‌ها، خزه‌شکلان، مرجانیان، دوکفه‌ای‌ها و سخت‌پوستان را شامل می‌شوند. البته تنوع-های موجودات علاوه بر فاکتورهای زیستی مثل رقابت و شکار، به موقعیت جغرافیایی، عمق، نوع بستر و فصل نیز بستگی دارد. در بسیاری از موارد دیده شده که موجودات زیست مزاحم در مناطق گرم با دمای آب بالاتر، رشد بیشتری دارند؛ ارتباط مشخصی بین دما، دوره تولیدمثلی و میزان رشد موجودات دریایی وجود دارد تعداد زیادی از گونه‌های زیست مزاحم مثل بارناکل‌ها این توانایی را دارند که محکم به بستر بچسبند، سریعاً رشد کنند و قبل از اینکه به علت اصطکاک ناشی از اندازه، پاک‌سازی و یا پیرشدن طبیعی جدا شوند، به سن بلوغ برسند، تخم-هایشان با انتشار پراکنده شده و در نهایت تعداد خود را در زمان کوتاهی و به سرعت افزایش می‌دهند [۹].

بارناکل‌ها از شایع‌ترین موجودات زیست مزاحم هستند. این جانوران سخت پوستانی هستند که به دلیل توانایی تولیدمثل و تکثیر زیاد بر روی سازه‌های دریایی بسیار مورد توجه قرار دارند. معمولاً به صورت متصل به هر سطح سخت موجود در آب دریا شامل صخره‌ها، پایه‌های

گونه‌های بارناکل مطرح می‌گردد. به نظر می‌رسد فرایندهای گامتوژن در رشته‌پایان به رژیم روشنایی (مدت زمانی که در روشنایی و تاریکی می‌مانند) نیز بستگی داشته باشد هرچند اطلاعات در مورد نقش نور در زیست-شناسی تولیدمثل بارناکل‌ها دارای ضد و نقیض‌هایی است. در عرض‌های جغرافیایی بالا چرخه تکامل گنادی در بارناکل‌ها یک سال به طول می‌انجامد، اگرچه گاهی ممکن است دو چرخه گنادی در همین مدت اتفاق بیفتد [۵]. در عرض‌های جغرافیایی پایین و در شرایط محیطی مطلوب، بارناکل‌ها چندین چرخه گنادی را در یک سال از خود نشان می‌دهند، به این معنی که آن‌ها تقریباً بطور مداوم در تمام طول سال تولید مثل می‌کنند. در گونه‌های نیمه گرمسیری، تا ۲۰ زاده می‌تواند در طول فصل گرم سال تولید شود و در نتیجه بعضی گونه‌ها در دماهای بالا قادرند ده‌ها زاده در سراسر سال تولید کنند و تنها در طول دوره‌هایی با محدودیت غذایی نرخ تولید مثل کاهش پیدا می‌کند. گونه‌های آب گرم سریع‌تر رشد می‌کنند و طول عمرشان معمولاً از یک سال تجاوز نمی‌کند و در عرض دو تا چهار هفته به سن بلوغ می‌رسند. در مقابل، بیشترین طول عمر مربوط به گونه‌های آب سرد و به خصوص گونه‌های مربوط به آبهای قطبی است. این گونه‌ها معمولاً در سن دو تا سه سالگی به بلوغ می‌رسند [۵].

۱-۳- زیست مزاحم دریایی

هنگامی که یک سطح جدید، مثل یک بدنه کشتی، پایه-های یک اسکله، یک موج‌شکن و یا یک قفس آبی‌پروری در محیط دریا قرار می‌گیرد، خیلی سریع به‌وسیله موجودات متنوع دریایی پوشیده می‌شود. رشد ناخواسته موجودات بر روی سطوح سازه‌های مصنوعی فرو رفته در آب دریا که دارای پیامدهای اقتصادی باشد، زیست‌مزاحم دریایی نامیده می‌شود. اصولاً موجوداتی که جزو زیست-مزاحمان دریایی هستند، از اشکال متصل و یا چسبیده بوده که به‌طور طبیعی در آب‌های کم‌عمق در طول سواحل حضور دارند [۶]. اکثر گونه‌های زیست مزاحم

حدود یک درصد در پوشش‌های سطحی بدنه و تجهیزات کشتی یک روش بسیار مؤثر برای جلوگیری از رشد بارناکل‌ها محسوب می‌شود. اثر ضد خزه بودن ایورمکتین به گروه‌های بارناکل تازه متولد شده و بالغ بزرگسال در سطح پوشش مربوط می‌شود. نرخ انتشار ایورمکتین به محیط زیست دریایی بستگی به جنس پوشش مورد استفاده دارد. در آب‌های ساحلی کشور سوئد، ایورمکتین به جای مس در فرمولاسیون رنگ ضد خزه دریایی در ۲۰ تا ۳۰ قایق کوچک مورد استفاده قرار گرفت. در محاسبه سمیت، خطر سمیت مس برابر با ۳۰ درصد ولی سمیت ایورمکتین برابر با ۱ درصد می‌باشد. نرخ نشت نسبی ایورمکتین در مقایسه با مس مبتنی بر کلوپون رنگ بسیار کم است. و نکته قابل توجه اینکه ایورمکتین تنها برای ارگانسیم‌های هدف سمی می‌باشد در حالیکه مس برای همه ارگانسیم‌های موجود در رسوبات زیستی سمی می‌باشد. ایورمکتین به طور کامل قابل تجزیه و زیستی می‌باشد [۱۴].

۲-۱- خزه‌زدگی زیستی^۳

انواع خزه‌زدگی بر روی بدنه شناور به سه شکل نرم، سخت و ترکیبی تقسیم‌بندی می‌شود. از آنجایی که این موجودات زنده جهت ادامه حیات به مواد معدنی، گرما و مواد غذایی نیاز دارند، به سرعت بر روی سطح شناور رشد کرده و مشکلاتی از جمله ایجاد مقاومت اصطکاکی بالا به واسطه ناصافی‌های ایجاد شده، افزایش مصرف سوخت، افزایش دفعات پهلوگیری شناور و آسیب دیدن ماده پوشش ضد خزه بر روی بدنه شناور ایجاد خواهند کرد. تمامی شناورها، حتی آن دسته از شناورهایی که رنگ ضد خزه، تازه بر روی سطوح آن‌ها به کار گرفته شده است، مقداری خزه‌زدگی دارند. پدیده خزه‌زدگی زیستی بدنه شناورها به عواملی مانند طراحی و ساخت شناور، تعداد و موقعیت طراحی مناطق با میزان دسترسی کم، سرعت عملیاتی شناور، مناطقی که شناور در آن تردد دارد،

اسکله، بدنه کشتی‌ها، صدف اویستر و ریشه‌های درختان مانگرو زندگی می‌کنند [۱۰].

۲- کنترل رسوبات زیستی (جلبک و باکتری‌ها) در بدنه کشتی

کنترل رسوبات زیستی دریایی در سازه‌های مصنوعی برای حفظ اثربخشی عملیاتی و به حداقل رساندن هزینه‌های مرتبط ضروری است. سیستم‌های پوششی بر پایه سموم می‌تواند به طور مؤثر باعث کنترل رسوبات شود اما با توجه به زندگی ارگانسیم‌ها و نگرانی‌های زیست محیطی طبق مقررات ممنوع اعلام شده است [۱۱]، [۱۲]. بنابراین این امکان وجود دارد که از جایگزین‌های جدیدتری برای محدود کردن موجوداتی نظیر جلبک، صدف، بارناکل و غیره استفاده کنیم. لازم نیست برای ایجاد یک پوشش ضد رسوب مناسب مواد سمی را در محیط زیست منتشر کرد. دانشمندان در دانشگاه گوتنبرگ بر روی حل کردن پوشش بارناکل‌های بالغ مطالعات انجام داده‌اند که مانع از رشد بارناکل شوند. برای این مشکل یک گروه تحقیقاتی زیست‌شناسی سلولی مولکولی متمرکز بر روی یک مرحله حساس در چرخه زندگی بارناکل شده‌اند. بارناکل‌ها زمانی که به تازگی بالغ شدند تلاش می‌کنند تا از طریق یک پوشش به یک مکان ثابت متصل شده و در آنجا رشد و تکثیر شوند. بسیاری از مولکول‌های خاصی به عنوان لاکتون ماکروسیکلیک شناخته شده‌اند. که به طور معمول توسط باکتری خاصی تولید می‌شوند. هنگامی که این مولکول‌ها با پوشش ضدخزه ترکیب شوند. مانع از رشد رسوبات زیستی و بارناکل‌ها می‌شوند. علاوه بر این از لاکتون ماکروسیکلیک^۱ می‌تواند جایگزین مس در پوشش‌ها شود [۱۳]. لاکتون ماکروسیکلیک (ایورمکتین)، توسط باکتری‌های اکتینومایسیت تولید می‌شود و به عنوان آفت‌کش در حفاظت از محصولات و داروهای ضد انگل از آن استفاده می‌شود. افزودن ایورمکتین^۲ به مقدار بسیار کم

^۱ Macrocyclic lactones

^۲ Ivermectin

^۳ Biofouling

سلول پاسخ بیولوژیکی را دریافت می‌کند. پاسخ بیولوژیکی وابسته به سیگنال مولکول و انتقال سیگنال‌های خاص گیرنده است. یکی از گیرنده‌ها در سطح سلول گیرنده های G پروتئین همراه نامیده می‌شوند (GPCRs). در صنعت داروسازی بسیاری از محصولات توسط هر نوع فعالیت و یا تحریک این نوع از گیرنده‌ها عمل می‌کنند. بارناکل در این دیدگاه از انسان متفاوت نیست [۱۶].

از میان تعداد زیادی از لیگاند های GPCR، سه مولکول های مختلف مشخص شده است: (medetomidine (Catemine 1))، کلونیدین (Catemine 2)، و (Catemine 3) (S18616). همه آن‌ها در مهار قوی-ترین بارناکل‌ها از هر مواد ایمیدازولین دیگر با فعالیت گیرنده تا کنون آزمایش شده‌اند. در میان این سه ترکیب catemines، S18616 از همه قوی‌تر است که می‌توان در پوشش‌های ضدخزه از آن استفاده کرد [۱۷]. اولین فرضیه با توجه به نحوه عمل این بود که Catemines ترشح سیمان را مهار می‌کند. ولی این فرضیه اشتباه بود و به جای آن باعث القا افزایش تحرک و مهار بارناکل هنگام افزودن آن مشاهده شد [۱۸].

۳-۱- جلوگیری از رشد رسوبات زیستی با نانوذرات پنتو اکسید و انادیوم

دانشمندان دانشگاه جوهانز گوتنبرگ در آلمان کشف کرده‌اند که نانوذرات پنتو اکسید و انادیوم می‌توانند مانع رشد باکتری‌ها و جلبک‌ها روی سطح در تماس با آب مانند بدنه کشتی یا اسکله‌ها شوند. آزمایش‌های آن‌ها نشان داده است که ورقه‌های فولادی پوشش‌داده شده با روکشی حاوی نانوذرات پنتو اکسید و انادیوم را می‌توان برای هفته‌ها بدون تشکیل رسوباتی از باکتری‌ها و جلبک‌ها در معرض آب دریا قرار داد. رسوبات دریایی مشکلی است که سالانه بیش از ۲۰۰ میلیارد دلار برای صنعت کشتی‌رانی هزینه دارد. اکنون گروهی از دانشمندان به رهبری دکتر ولفگانگ تریمل از موسسه شیمی معدنی و شیمی آنالیزی با تقلید از طبیعت راهبردی برای حل این مشکل ارائه کرده‌اند. آنزیم‌های

برنامه‌های مراقبتی از بدنه شناور، شرایط و بکارگیری رنگ در حوضچه خشک و پاک‌سازی رنگ از روی بدنه شناور بستگی دارد [۱۵].

مقدار چسبندگی آلودگی صدف بارناکل بر روی سطوح مختلف متفاوت است و بنابراین با توجه به نوع چسب صدف بارناکل و ماده زیر لایه، مقدار صدف‌های چسبیده به سطوح تعیین می‌شود. برای تعیین مقدار چسبندگی و استحکام برشی بارناکل باید نیروی برشی لازم برای کندن و سطح اتصال آن را اندازه‌گیری نمود [۱۵].

استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب برای کاهش خزه زدگی بدنه شناور باعث افزایش کارایی شناور و همچنین باعث صرفه جویی در هزینه، وقت، طولانی‌تر شدن عمر بدنه شناور و کاهش انتقال گونه‌های غیر بومی است. برای جلوگیری و به حداقل رساندن خطرات مربوط به موارد زیست‌محیطی، سلامتی انسان و منابع که متاثر از انتقال گونه‌های مضر می‌باشد، سازمان بین‌المللی دریانوردی اقدام به ایجاد سیستم مدیریت آب توازن کشتی‌ها گردیده و در نهایت کنوانسیون مدیریت آب توازن کشتی‌ها تدوین شده است. مواد چهارم و پنجم کنوانسیون کنترل سیستم‌های مضر ضد خزه به روش‌های مناسب بکارگیری پوشش مناسب رنگ و روش‌های مناسب برای جداسازی رنگ از روی بدنه شناورها به منظور جلوگیری از ایجاد خزه‌زدگی است. براساس ماده هشتم کنوانسیون تنوع زیستی^۱، باید از ورود گونه‌های بیگانه که اکوسیستم زیستگاه‌های گونه‌های دیگر را به خطر می‌اندازد، پیشگیری و یا آن‌ها را تحت کنترل در آورده و از بین برد.

۳-۲ جلوگیری از رشد بارناکل با Catemines

همه سلول‌ها توسط سیستم‌های ارتباطی به هم متصل هستند. هم عصبی و هم گردش هورمون‌ها. مولکول‌های سیگنال یا انتقال دهنده‌های عصبی و یا هورمون‌ها در تعامل با یک پروتئین خاص در سطح سلول یا گیرنده هستند. گیرنده پس از انتقال سیگنال از خارج به داخل

¹ Convention on Biological Diversity

را تا رفتن به حوضچه خشک بعدی محافظت نمایند. انتخاب نوع رنگ و میزان اندازه‌ای که از آن مورد استفاده قرار می‌گیرد با توجه به نوع شناور، فعالیت آن، سرعت شناور (مایل دریایی که در هر ماه طی می‌کند)، دفعات رفتن شناور به حوضچه خشک، مدت زمانی که شناور فعالیت نداشته است و همچنین با توجه به نظر شرکت تولید کننده و یا تامین کننده رنگ ضدخزه با توجه به اطلاعات فنی رنگ انتخاب شود [۲۰].

۳-۳- اقدامات لازم به منظور کاهش خزه زدگی و انتقال گونه های غیربومی

در هنگام پاک‌سازی و جداسازی خزه از روی بدنه شناور به روش زیرآبی و یا در حوضچه خشک به منظور کاهش خزه‌زدگی و انتقال گونه‌های غیربومی، موارد زیر در نظر گرفته شود.

۱- تعداد و نقاط با میزان دسترسی کم در هنگام شست-شوی بدنه شناور در حوضچه خشک باید در نظر گرفته شود. چون این نقاط جزء نقاطی هستند که خزه، جلبک و همچنین موجودات شناور و آبری در دریا مانند سخت-پوستان، ماهی‌ها، ستاره دریایی و سایر موجودات بر اثر امواج شدید به این مناطق پناه می‌برند و در هنگام پاک‌سازی باید مورد توجه قرار بگیرند.

۲- سرعت شناور معمولاً در میزان خزه‌زدگی آن تاثیر خواهد داشت. شناورها در صورت قرارگرفتن به صورت ساکن و در سرعت‌های پایین دچار خزه‌زدگی بیشتر نسبت به مواقعی که دارای سرعت‌های بالا هستند، می‌باشد.

۳- هنگامی که بدنه شناور در داخل حوضچه خشک مورد پاک‌سازی قرار می‌گیرند، باید در برابر نور مستقیم خورشید قرار بگیرد تا بدنه شناور به‌طور کامل خشک شود. خشک شدن کامل بدنه شناور، بهترین روش برای جلوگیری از انتقال گونه‌های غیربومی در هنگام خزه تراشی بدنه شناور در داخل حوضچه خشک است.

۴- داشتن برنامه زمان‌بندی مناسب برای رفتن به حوضچه خشک و داشتن برنامه گزارشات مربوط به

مشخصی که در جلبک‌های قرمز و قهوه‌ای یافت می‌شوند، ترکیبات هالوژنی تولید می‌کنند که توان بالقوه‌ای برای از بین بردن رسوبات زیستی دارند. احتمالاً این آنزیم‌ها توسط جلبک‌ها برای محافظت از خودشان در مقابل حمله و هجوم میکروبی، تولید می‌شوند. این دانشمندان آلمانی تصمیم به تقلید از این فرآیند با استفاده از نانوذرات پنتواکسید وانادیوم گرفتند [۱۹].

طبق گفته این محققان نانوذرات پنتواکسید وانادیوم یک فعالیت بروماسیون زیست تقلیدی ذاتی دارند که آنها را به یک جایگزین مؤثر برای زیست‌کش‌های (از بین‌برنده‌های رسوبات زیستی) شیمیایی مرسوم تبدیل می‌کند. پنتواکسید وانادیوم بعنوان یک کاتالیز عمل می‌کند، بطوری که واکنش پراکسید هیدروژن با برمید را برای تشکیل مقادیر کمی از اسید هیپو برمواتالیز می‌کند. این اسید برای بسیاری از میکروارگانیسم‌ها سمی است و یک اثر ضدباکتری مشخص دارد. این واکنش‌دهنده‌های مورد نیاز در آب دریا وجود دارند: آب دریا حاوی یون‌های برمید است و هنگامی که در معرض نور خورشید قرار گیرد، مقادیر کمی پراکسید هیدروژن تشکیل می‌شود. نانوذرات پنتواکسید وانادیوم بواسطه قابلیت حل کم‌شان و این حقیقت که در روکش وارد شده‌اند، در مقایسه با مواد مبتنی بر مس و قلع استفاده شده در محصولات کنونی، به مراتب سمیت کمتری دارند. در این خصوص روکش‌های کشتی مبتنی بر پنتواکسید وانادیوم می‌توانند جایگزین مؤثری برای زیست‌کش‌های شیمیایی مرسوم باشند [۱۹].

۳-۲- انتخاب رنگ ضدخزه بدنه شناورها

سطح بدنه شناورها باید بوسیله رنگ‌های ضدخزه مطابق با الزامات کنوانسیون سیستم‌های مضر ضدخزه پوشش داده شود. استفاده از این نوع رنگ‌ها باعث کاهش میزان خزه‌زدگی بدنه شناور و همچنین کاهش و حذف ورود ترکیبات مضر قلع در حوضچه‌های خشک در هنگام جداسازی رنگ‌ها از روی بدنه شناور خواهد شد. ماندگاری رنگ بر روی بدنه شناور باید به حدی باشد که بدنه شناور

بارناکل در فاصله بین مخازن زیر پایه از روش بلاستینگ استفاده می شود [۲۰].

۴- نتیجه گیری

رنگ‌های ضدخزه برای ارئه کیفیت و طول عمر مناسب نیاز به تغییر برخی از پارامترهای طراحی دارند. برای انتخاب سیستم رنگ مناسب باید به عوامل طراحی و کاربری و محیطی نیز توجه نمود. نوع آلودگی دریایی نیز بر روی مقدار آلوده شدن سطوح موثر باشد. آلودگی‌های دریایی سخت معمولاً ضرر بیشتری برای کیفیت و کارایی شناورها دارند. مجتمع شدن انواع آلودگی‌ها باعث ایجاد توده‌ای با حجم و وزن زیاد با سختی و چسبندگی بالا بر روی شناور می‌گردد که باید از آن جلوگیری نمود.

انجام مطالعات پیوسته برای تعیین الگوی استقرار جوامع زیست‌مزاحم به‌ویژه بارناکل‌ها و ارتباطشان با متغیرهای محیطی دیگر از جمله رژیم جزر و مدی، عمل امواج، جریان‌ات آب و میزان مواد غذایی و عوامل تاثیر گذار زیستی بر کنترل و جلوگیری از رشد احساس می‌شود.

۵- منابع

[۱] سواری، راضیه، کامرانی، احسان، شهدادی، عدنان، مطالعه مقدماتی برخی ویژگی‌های تولیدمثلی دو گونه بارناکل بین جزرومندی *Amphibalanus amphitrite* و *Microeuraphia permitini* در سواحل بندرعباس، خلیج فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، آذر ۱۳۹۱.

[2] Tahir, O. The swimming crab *Portunus segnis* (Forskål, 1775): host for the barnacle *Chelonibia platula* (Ranzani, 1818) from the Turkish coast. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*. Vol. 18, pp. 271-278, 2012.

[3] Anderson, D.T. *Barnacles: Structure, Function, Development and Evolution*, Chapman and Hall., London, 1994.

[4] Southward, A.J., Crisp, D.J. *Barnacles. Catalogue of marine fouling organisms (found on ship coming into European waters)*. Organisation for Economic Co-operation and Development (O.E.C.D.), 1963.

[5] Kas'yanov, V.L., Korn, O.M., Rybakov, A.V., *Reproductive Strategy of Cirripedes: 2. Asexual Reproduction, Fecundity,*

تعمیرات و رنگ‌آمیزی بدنه شناور که به تایید حوضچه خشک رسیده باشد.

۵- مسیرهای کشتی‌رانی، تغییرات آب و هوایی، درجه حرارت، منابع غذایی در محیط، شوری و میزان عمق در میزان خزه‌زدگی شناورها تاثیرگذار است. شناورهایی که در آب‌های با میزان عمق بیشتر حرکت می‌کنند، امکان انتقال گونه‌های غیربومی در آن‌ها نسبت به آب‌های کم عمق بیشتر خواهد بود. در هنگام رنگ‌آمیزی بدنه شناور در حوضچه خشک باید انتخاب رنگ بر اساس نحوه فعالیت، نوع، ساختمان و جنس شناور باشد.

۶- در صورتی که شناور در آب‌هایی غیر از آب‌های کشور ایران تردد داشته و احتمال انتقال گونه‌های غیربومی بر اثر انجام فعالیت خزه‌تراشی وجود داشته باشد، باید آزمایشات تشخیص گونه‌های غیربومی انجام گیرد و در صورت انجام نمونه‌برداری به منظور انجام تشخیص گونه‌ها باید در ظروف مخصوص در حالت انجماد نگهداری شوند.

۷- به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست دریایی و انتقال گونه‌های غیربومی در هنگام انجام عملیات خزه تراشی شناورها در زیر آب در منطقه که امکان انتقال آن‌ها در حین جدا شدن قطعات رنگ، بارناکل‌ها، خزه و سایر مواد از روی بدنه شناورها وجود دارد، باید برای جمع آوری مواد زائد حاصل از عملیات خزه تراشی و جلوگیری از انتقال آلودگی تدابیر خاصی در نظر گرفته شود.

۸- در سکوهای حفاری متحرک، مخزن زیرپایه (Spud can) قابلیت جدا شدن و جابجایی دارد. تماس آن با سطح بستر دریا و نقاطی که حفاری در آن صورت می‌گیرد، باعث تجمع خزه، رسوبات و گونه‌های غیربومی خواهد شد. در صورت امکان و دسترسی در بعضی از نقاط سکوهای متحرک، پاکسازی آن توسط غواص صورت می‌گیرد و یا در صورت نیاز رفتن به حوضچه خشک مراحل جداسازی رسوبات و خزه انجام می‌گیرد. مواد زائد حاصل از عملیات باید جمع آوری و به تاسیسات دریافت تحویل داده شود. معمولاً برای از بین بردن رسوبات آهکی و

- rosin-based coatings. Biofouling. Vol. 27. pp. 941-95, Oct. 2011.
- [15] PPS. Anti-fouling and in-water cleaning guidelines, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Commonwealth of Australia., Canberra, 2004.
- [16] Lefkowitz, R. J. Historical review: a brief history and personal retrospective of seven transmembrane receptors. Trends in Pharmacological Sciences. Vol. 25, pp. 413-422, Aug. 2004.
- [17] Dahlström, M., Jonsson, P.R., Lausmaa, J., Arnebrant, T., Sjögren, M., Holmberg, K., Mårtensson, L.G.E., Elwing, H. Impact of polymer surface affinity of novel antifouling agents. Biotechnology and Bioengineering. Vol. 86, pp. 1-8, Apr. 2004.
- [18] Fant, C., Handa, P., Nydén, M. Complexation chemistry for tuning release from polymer coatings. The Journal of Physical Chemistry B. Vol. 110, pp 21808-21815, Nov. 2006.
- [19] Natalio, F. Tremel, W., Jochum, K. Vanadium pentoxide nanoparticles mimic vanadium haloperoxidases and thwart biofilm formation, Nature Nanotechnology. Vol. 7, pp. 530-535, Aug. 2012.
- [20] AFS. National Biofouling Management Guidance for Non-trading vessels- An Australian Government Initiative. Commonwealth of Australia, Australia., 2009.
- Reproductive Cycles. Russian Journal of Marine Biology. Vol. 23, pp. 291-297, September. 1997.
- [6] Pineda, J. Spatial and temporal patterns in barnacle settlement rate along a southern California rocky shore, Marine Ecology Progress Series. Vol. 107. pp. 125-138, April. 1994.
- [7] AMOG. Hull fouling as a vector for transferring marine organisms: phase 1 study—hull fouling research, report by AMOG Consulting and MSE for the Australian Department of Agriculture, Fisheries and Forestry., Canberra, 2002.
- [8] Yerba, D.M., Kiil, S. and Dam-Johansen, K. Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. Progress in Organic Coatings. Vol. 50, pp. 75-104, July. 2004.
- [9] Desai, D.V., Anil, A.c. and Venkat, K. Reproduction in *Balanus amphitrite*: Influence of temperature and food concentration. Marine Biology. Vol. 149, pp. 1431-1441, 2006.
- [10] Berntsson, K.M. and Jonsson, P.R. Temporal and spatial patterns in recruitment and succession of a temperate marine fouling assemblage: a comparison of static panels and boat hulls during the boating season. Biofouling. Vol. 19, pp. 187-195, Jun. 2003.
- [11] Appel, K.E. Organotin compounds: toxicokinetic aspects. Drug Metabolism Reviews Vol. 36, pp.763-786, Oct. 2004.
- [12] Maguire, R.J. Review of the persistence, bioaccumulation and toxicity of tributyltin in aquatic environments in relation to Canada's toxic substances management policy. Water Quality Research Journal of Canada. Vol. 35, pp. 633-679, Jan. 2000.
- [13] APA. A coating that prevents barnacles forming colonies. phys.org. pp. 1-2, October. 2011.
- [14] Pinori, E., Berglin, M., Brive, L.M., Hulander, M., Dahlstrom, M., Elwing, H. Multi-seasonal barnacle (*Balanus improvisus*) protection achieved by trace amounts of a macrocyclic lactone (ivermectin) included in