

近海油气设施生物污损概述与研究展望

李静¹, 杨天笑², 陈池²

(1. 广东轻工职业技术学院, 广州 510300; 2. 中海石油(中国)有限公司番禺作业公司, 深圳 518067)

摘要:近海油气设施污损生物最为重要的组成类群包括双壳类软体动物、无柄蔓足类和腔肠动物等,其附着会显著增大动力载荷效应、妨碍水下检测作业和堵塞海水管道系统。文章对近海石油开发区常见的污损生物种群分布特点、群落结构特点作了概述,并分析了形成原因,提出常用的几种污损生物防除方法,并对今后构建生态数学模型的研究方向作了阐述。

关键词:生物污损; 油气设施; 近海

中图分类号: U661.6

文献标识码: A

在海洋环境中, 栖息或附着在船舶和各种人工设施水下部位并产生不利影响的动物、植物和微生物均称为污损生物^[1-2], 而这些生物附着的现象则称为生物污损, 它不仅是制约海洋设施安全与使用寿命的重要因素之一, 也是人类开始从事海洋活动就遇到的难题。可以说, 由海洋生物附着引发的生物污损现象每年造成的损失难以精确估算, 甚至会干扰、破坏人类开发和利用海洋资源的进程。

参考相关文献定义, 近海(offshore)多指离岸3 nmile以外、水深超过50 m的海域^[3], 那里蕴藏着丰富的自然资源, 其中油气资源在近几十年时间里得到了大规模地开发和利用。了解和掌握相关海域生物污损特点, 可在海洋设施的设计、建造、维修和保养等方面节省大量费用。本文综合论述了近海油气设施生物污损的特点、防除对策及研究展望, 以期满足我国海洋油气产业迅猛发展的需要。

1 污损生物种类

由于近海油气设施所处的地理位置和环境状况不同, 引发生物污损现象的生物种类组成虽会出现明显变化, 但污损生物群落均由双壳类、蔓足类、腔肠动物、多毛类、苔藓动物、海鞘和藻类等几大类群构成。

1.1 双壳类软体动物

在亚得里亚海、爱奥尼亚海、北海和渤海等近海石

油开发区, 紫贻贝(*Mytilus edulis*)为25 m以内浅水层双壳类的优势种^[3-7], 类似情形也出现在加利福尼亚南部海域^[8-9]; 另外, 在污损生物群落中紫贻贝的数量会随时间增加而逐渐成为群落的优势种^[7]。

在南海的北部湾东北部海域, 污损性双壳类软体动物优势种为齿缘牡蛎(*Dendostrea folium*)和覆瓦牡蛎(*Hyotissa imbricata*)^[10]; 澳大利亚西北部近海则是齿缘牡蛎和舌骨牡蛎(*Hyotissa hyotis*)^[11]; 而位于阿拉伯海的孟买西北近海, 处于优势地位的种类为牡蛎属牡蛎(*Saccostrea* sp.)^[12]; 墨西哥湾北部的路易斯安那陆架海域则为维吉尼亚厚牡蛎(*Crassostrea virginica*)^[13]。

1.2 无柄蔓足类

在北海中、表层的污损性无柄蔓足类优势种为缺刻藤壶(*Balanus crenatus*)和藤壶(*B. balanus*), 60 m深水层则为深水藤壶(*B. hameri*)^[7]; 亚得里亚海则以三角藤壶(*Balanus trigonus*)为主, 其次为藤壶(*B. perforatus*)、致密藤壶(*B. improvisus*)和象牙藤壶(*B. eburneus*)^[5]。

在北部湾东北部海域, 三角藤壶和高峰星藤壶(*Chirona amaryllis*)均为优势种^[10]; 墨西哥湾北部海域, 近岸平台无柄蔓足类优势种为网纹藤壶(*Balanus reticulatus*)、象牙藤壶和致密藤壶, 而离岸较远的石油平台则为钟巨藤壶(*Megabalanus tintinnabulum tintinnabulum*)^[13-14]。

1.3 有柄蔓足类

收稿日期: 2011-03-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(40706046); 广东轻工职业技术学院科研启动项目(KY200903)

作者简介: 李静(1974-), 女, 湖北武汉人, 硕士, 讲师, 主要从事环境科学方面的研究。

以茗荷类生物为代表的有柄蔓足类为大洋性污损生物,是漂浮或浮动设施(如浮标)上污损生物群落的优势种^[15]。对大型固定式油气生产平台而言,该类生物即使在导管架拖带运输途中附着,随后也会逐渐被其它生物所取代^[16-17]。

1.4 腔肠动物

北海的腔肠动物主要是双叉藪枝螅(*Obelia dichotoma*)、曲长钟螅(*Laomedea flexuosa*)、须毛高令细指海葵(*Metridium senile*)和树丛软珊瑚(*Alcyonium digitatum*)^[7];亚得里亚海的优势种为双叉藪枝螅、双节螅(*Garveia franciscana*)和筒螅(*Tubularia crocea*)^[5]。渤海则以玫瑰红绿海葵(*Sagartia rosea*)、曲膝藪枝螅(*Obelia geniculata*)和鲍枝螅(*Bougainwillia sp.*)等种类为主^[4]。

墨西哥湾北部海域主要是双叉藪枝螅、灯塔水母(*Turritopsis nutricula*)和真枝螅(*Eudendrium carneum*)^[13]。珊瑚优势种为*Madracis decactis*、*Diplora strigosa*和*Tubastraea coccinea*^[18]。澳大利亚西北部近海则为鹿角杯形珊瑚(*Pocillopora damicornis*)和埃氏杯形珊瑚(*P. eydouxi*)^[11]。

1.5 多毛类

马旋鳃虫(*Pomatoceros triqueter*)、华美盘管虫(*Hydroides norvegica*)和丝管虫(*Filograna implex*)是北海油田常见的污损性多毛类,其中60 m深水层丝管虫更为常见^[7];另外,马旋鳃虫也是亚得里亚海主要污损性种类之一^[5]。

1.6 苔藓动物

在北海的优势种是微室苔虫(*Scruparia ambigua*)、艳丽琥珀苔虫(*Electra pilosa*)和软苔虫(*Alcyonidium hirsutum*)^[7],亚得里亚海则为裂孔苔虫(*Schizoporella errata*)^[5]。在路易7斯安那陆架海域,主要是多室草苔虫(*Bugula neritina*)、艾维苔虫(*Aeoverrillia setigera*)和假缘孔苔虫(*Parasmittinia spathula*)等种类^[13]。渤海则以大室膜孔苔虫(*Membranipora grandicella*)为主,其次为美丽琥珀苔虫(*Electra tenella*)和西方三胞苔虫(*Tricellaria occidentalis*)^[4]。

1.7 海鞘

路易斯安那陆架海域30 m深水层出现的种类是复海鞘(*Didemnum albidum*),而北海则为*Asciidiella scabra*^[19];亚得里亚海以皱瘤海鞘(*Styela plicata*)为主^[5]。在孟买西北的阿拉伯海,则为*Lissoclinum fragile*、*Ecteinascidia krishnani*、*Symplegma brackenhielmi*、*Didemnum sp.*和*Botryllus Schlosseri*等种类^[12]。

1.8 藻类

北海油气设施潮差区常有肠浒苔(*Enteromorpha intestinalis*)附着,石莼(*Ulva lactuca*)则出现在6 m浅

水层;多管藻(*Polysiphonia urceolata*和*P. brodiaei*)分布在水下6 m-12 m的范围内^[7]。而渤海石油平台导管架仅在潮差区附着少量缘管浒苔(*Enteromorpha linza*)和肠浒苔^[4]。路易斯安那陆架海域的污损性藻类则以多管藻(*Polysiphonia sp.*)和浒苔(*Enteromorpha sp.*)为主^[19]。

2 群落结构特点

处在不同纬度的近海油气设施,其上附着的污损生物不仅种类明显不同,而且生物附着量的大小和优势种组成也因深度或离岸距离的差异而出现变化。另外,时间因素也是决定油气设施生物污损状况的一个重要因素。

在墨西哥湾北部海域,近岸油气设施的污损生物优势种为无柄蔓足类,离岸则为双壳类软体动物,生物附着量随离岸距离增加而减少,且底层部位生物附着量低于中、表层^[13];珊瑚丰度随设施布设时间的延长而显著增加^[18]。

处在阿拉伯海的孟买西北部近海,牡蛎是污损生物群落中的优势种,且中层和表层试板周年污损生物附着量远大于水下62 m处的底层试板,深度是影响生物污损程度和状况的重要因素^[12]。

澳大利亚西北部近海也是以牡蛎为污损生物群落的优势种,而且在水下15 m-110 m的范围内还分布着大量的软珊瑚;另外,在形成时间达10年左右的污损生物群落中还可观察到石珊瑚出现^[11]。

在北海,平台导管架上部的污损生物群落主要是贻贝、藻类和水媳,中部则为软珊瑚、海葵和水媳交织在一起的群落,水媳则随深度增加逐渐处于优势地位;管栖多毛类和藤壶等种类则在各水层均有出现^[6]。

位于地中海北部的近海油气设施,在距水面10 m以内水层中紫贻贝占总生物附着量(湿重)的80%-95%,而在距水面20 m以下的水层,则以水媳、无柄蔓足类和多毛类为主;10 m-20 m水层的生物污损主要由双壳类和无柄蔓足类引起^[3,5]。

在渤海,紫贻贝通常在污损生物群落中占优势地位,但在某些海域会因环境影响而发生转变:如黄河口附近海域,污损生物群落以大室膜孔苔虫为优势种;而在渤海湾内,污损生物群落主要致厚种为日本巨牡蛎^[4]。

而位于南海的北部湾东北部离岸海域,各水层生物附着量百分比均以牡蛎为主的双壳类软体动物居首位,其次为无柄蔓足类;生物附着量最大值出现在20 m-30 m水层的范围内^[10]。

3 防除对策

污损生物的附着会缩小海水管道系统的有效直径

甚至造成堵塞,影响海水流量和降低热交换率,导致设备需经常维修甚至停产大修;另外,污损生物的多层附着还会掩盖外部裂纹、损坏构件和腐蚀部位,覆盖水下定位参考标志,严重妨碍水下检测作业;至于牡蛎、藤壶等硬性污损生物还会影响潜水器材和设备的正常使用,甚至对其造成损坏;此外,污损生物群落还可形成适宜微生物生长代谢的环境条件,导致局部微环境的物理和化学性质发生改变,影响金属的腐蚀性能及其与腐蚀保护系统的相互作用,从而引发局部腐蚀或穿孔腐蚀^[20-23]。

在结构载荷上,污损生物的附着会提高设施重心,增大构件的直径和表面粗糙度,显著增加波浪和海流所产生的动力载荷效应。如 250 mm 厚的海洋污损生物仅增加平台总重量的 0.24%;然而,从动力载荷方面考虑,该厚度的污损生物能使平台增加约 29.2% 的额外载荷,疲劳损害增加 116.1%,疲劳寿命减少 54.0%^[24]。某钻井平台在遭遇强度尚不到最大理论安全值 2/3 的风暴中倾覆,就可能因设计时未考虑到污损生物对结构载荷的影响^[20]。因此,对海洋油气设施而言,不仅需考虑生物污损的影响,而且采取适当的防除对策也是必要的。

3.1 防污涂料

某些海域的导管架在 0-20 m 水层使用防污涂料以期减少表层污损生物附着的危害,其防污作用预计可持续 5 年左右^[11]。由于防污涂料只在一段时间内有效,而且固定式海洋油气设施不能象船舶那样定期进坞更新维修,况且还要避免出现影响腐蚀保护系统运作而产生新的腐蚀问题,故防污漆使用的情形不多,而且基本局限在溅浪区和潮差区的范围内。

3.2 防腐套包缚技术

平台导管架的潮差飞溅区因风浪作用和潮水涨落等因素的影响而一直处在干湿交替、氧气充足的环境中,往往是腐蚀状况最为严重的部位。目前开发的海洋油气平台桩腿浪溅区防腐套由表层的特殊聚酯层、中间的高强度多层织物和内层的防腐触变胶等三部分构成,其中聚酯层中含有抗海生物附着组分^[25],从而可抑制污损生物幼虫和孢子的附着、萌发,有效解决生物污损的危害,延长防腐套工作寿命,节省维修保养费用。

3.3 波浪/海流驱动海生物防附装置

波浪/海流驱动海生物防附装置主要由可变形、多部件的浮动环和潜水环组成,环抱安装在导管架构件四周,利用波浪和海流等海洋动力的驱动使之作垂直、横向和旋转往复运动,从而使污损生物幼虫和孢子无法附着和生长^[26-28]。该装置无需外加动力,具有节能、环保和防除效果显著等优点。

3.4 定期潜水清除

定期由专业潜水人员或水下机器人用高压水枪或回转式钢刷/刀清除附着在导管架上的海生物^[22]。由于热带、亚热带海域污损生物生长速度快、附着季节长,人工清除的作用将十分有限,故在设计和建造导管架时适当增大相关污损生物参数,以延长清除保养时间间隔也不失为一种较好的选择。

3.5 电解防污技术

电解防污技术主要用于海水管道系统,其中电解海水制氯装置通过电解海水产生 NaClO、HClO 和 Cl₂ 等强氧化剂,杀死或抑制污损生物幼虫和孢子的附着;铜-氯联合防污系统则通过电解作用,以铜和氯两种元素为毒料来达到污损生物防除的目的,其优势在于所用两种元素的有效浓度不仅低于单独使用的剂量,而且对环境污染程度也小^[29-31]。

4 结束语

海洋污损生物的附着会导致近海油气设施的结构过载,妨碍水下检测作业和影响海水管线的正常运作,是关系到近海油气设施作业安全的重要因素之一;而且其群落的种类组成和数量大小与所处深度、离岸距离、地理位置和布设时间等因素密切相关,通常中、表水层污损生物附着量大于底层;在纬度低于 30° 的热带和亚热带海域,双壳类软体动物的优势种为牡蛎,而在纬度高于 30° 的温带海域则以紫贻贝为主。

双壳类软体动物是近海油气设施污损生物群落极为重要的组成部分,且随时间逐渐成为生物群落的优势种。无柄蔓足类多在离岸较近的海洋设施污损生物群落中占优势,常与双壳类软体动物一起构成污损生物群落的主要框架。水螅的地位随着深度增加而增强,并逐渐成为污损生物群落的主导种;珊瑚是热带、亚热带海区污损生物顶级群落的主要组成类群之一;而软珊瑚则为热带和温带近海污损生物群落的重要种类组成。

在污损性管栖多毛类中,马旋鳃虫是温带海域最为常见的种类。至于藻类和苔藓动物,前者仅出现在表层污损生物群落且以红藻和绿藻为主;后者则在渤海黄河口附近海域的污损生物群落中占据优势。对海鞘而言,在离岸较近油气设施水下部位附着的种类多以单体海鞘为主,而离岸数十公里以远的海域则为复海鞘。另外,茗荷类生物能否在固定式海洋油气设施上栖息附着及其为何会从污损生物群落中消失的作用机制仍需进一步探讨。

在当前技术状况下,近海油气设施生物污损的控制主要通过机械清除和化学防污等途径予以实现,当污损生物厚度超过设计极限时必须及时清除;另外,增大海洋设施设计参数也可减轻污损生物附着的危害,延长清除保养的时间间隔。在具体选择某种防海生物附着的

手段时应综合考虑各方面因素,本着经济、高效和环保的原则,筛选最佳的方法和措施并对其进行优化组合,在确保安全生产的前提下使经济效益达到最大化。

南海虽蕴藏着丰富的海洋油气资源,但目前仅对北部湾东北部某平台污损生物进行了较为系统的研究,由于该海域处在大陆和岛屿环绕的半封闭状态,早期浮标挂板调查资料显示其生物污损状况与珠江口东南海域差异较大,甚至与邻近的莺歌海也存在明显不同^[10, 32-34]。因此,在南海进一步开展海洋油气设施污损生物研究工作、探讨其长期发展变化规律极为必要。至于东海,在近海石油开发区迄今尚未开展任何污损生物研究工作,故相关工作的开展也迫在眉睫。

在系统地采集和积累各近海石油开发区生物污损资料的基础上,开展数学生态模型研究有助于揭示近海油气设施污损生物演替变化规律,准确预测特定海区生物污损状况,为安全生产奠定基础,并为海洋恢复生态学的丰富和发展创造条件。另外,在了解和掌握各海域污损生物优势种的前提下,还需进一步探讨它们的基础生物学特性,弄清这些污损生物幼虫和孢子的附着机制及群落演替变化规律,从而为更好地制定污损生物清除计划、选择最佳防护措施、开发新型防污技术提供科学依据。

另外,基于海洋生物污损会改变腐蚀过程,引发局部腐蚀^[35-38],故对近海油气作业者而言,不仅需了解近海油气设施上的污损生物群落的形成和发展变化规律,掌握其对海洋设施的结构载荷可能产生的影响,而且还需弄清相关海区污损生物附着与材料表面腐蚀之间的关系(尤其细菌、微藻和原生动植物构成的生物粘膜对平台钢腐蚀和腐蚀疲劳性状的影响),因此,从腐蚀防护角度而言,进一步开展海洋生物污损与腐蚀和防护之间的相关研究极为必要,是保障近海油气设施安全和减少建造与作业费用的基础。

参考文献:

- [1] 黄宗国,蔡如星. 海洋污损生物及其防除(上册)[M]. 北京:海洋出版社,1984.
- [2] 严涛,曹文浩. 黄渤海污损生物生态特点及展望[J]. 海洋学研究,2008,26(3):107-117.
- [3] Relini G, Relini M. Macrofouling on offshore structures in the Mediterranean Sea. In: Grag K L, Grag N and Mukerji K G(eds.) Recent Advances in Biodeterioration and Biodegradation[M]. Calcutta: Naya Prokash, 1994:307-326.
- [4] 黄修明,尹建得,刘建军等. 渤海石油平台附着生物生态的研究. 海洋科学集刊[C]. 北京:科学出版社,1994.
- [5] Relini G, Tixi F, Relini M, et al. The macrofouling on offshore platforms at Ravenna[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 1998, 41: 41-55.
- [6] Sell D. Marine fouling[A]. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh[C]. 1992, 100B: 169-184.
- [7] Forteath G N R, Picken G B, Ralph R. Patterns of macrofouling on steel platforms in the central and northern North Sea. In: Lewis J R, Mercer A D(eds) Corrosion and Marine Growth on Offshore Structures[M]. Ellis Horwood Limited, Chichester, 1984: 10-22.
- [8] Wolfson A, Van Blaricom G, Davis N, et al. The marine life of an offshore oil platform[J]. Marine Ecology Progress Series, 1979, 1: 81-89.
- [9] Sharma J N. Marine growth on the Hondo platform in the Santa Barbara Channel. Proceedings of 15th Annual Offshore Technology Conference[C]. 1983, 2: 469-473.
- [10] Yan T, Yan W X, Dong Y, et al. Marine fouling of offshore installations in the northern Beibu Gulf of China[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2006, 58: 99-105.
- [11] Pearce F. Offshore petroleum. In: Kjelleberg S, Steinberg P(eds) Biofouling: Problems and Solutions[M]. Sydney: The University of New South Wales, 1994: 19-31.
- [12] Venugopalan V P, Wagh A B. Biofouling of an offshore oil platform: Faunal composition and biomass[J]. Indian Journal of Marine Sciences, 1990, 19: 53-56.
- [13] Lewbel G S, Howard R L, Gallaway B J. Zonation of dominant fouling organisms on northern Gulf of Mexico petroleum platforms[J]. Marine Environmental Research, 1987, 21(3): 199-224.
- [14] Fotheringham N. Observations on the effects of oil field structures on their biotic environment: Platform fouling community. In: Middleditch B S(ed.) Environmental Effects of Offshore Oil Production: The Buccaneer Gas and Oil Field Study[M]. New York and London: Plenum Press, 1981: 179-208.
- [15] 严文侠,董钰,梁冠和等. 南海北部海区有柄蔓足类的生态特点[J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(4): 423-430.
- [16] Foster B A, Willan R C. Foreign barnacles transported to New Zealand on an oil platform[J]. New Zealand Journal of Marine & Freshwater Research, 1979, 13(1): 143-149.
- [17] Foster B A. Barnacle ecology and adaptation. In: Southward AJ(ed.) Barnacle Biology[M]. Rotterdam, The Netherlands: AA Balkema Publishers, 1987: 113-133.
- [18] Sammarco P W, Atchison A D, Boland G S. Expansion of coral communities within the northern Gulf of Mexico via offshore oil and gas platforms[J]. Marine Ecology Progress Series, 2004, 280: 129-143.
- [19] Heidemant J C, George R Y. Biological and engineer-

- ing parameters for macrofouling growth on platforms offshore Louisiana [A]. Oceans 81 Conference Record [C]. New York: IEEE, 1981: 550-557.
- [20] Zvyagintsev A Yu, Jvin V V. Study of Biofouling of the submerged structural surfaces of offshore oil and gas production platforms [J]. Marine Technology Society Journal, 1995, 29(2): 59-62.
- [21] Picken G B. Marine fouling and structural loading [J]. Underwater Technology, 1986, 12(2): 18-21.
- [22] MTD Ltd. Appraisal of Marine Growth on Offshore Installations [M]. London: Marine Technology Directorate Limited, 1992: 15-24.
- [23] Edyvean R G J, Terry L A, Picken G B. Marine fouling and its effects on offshore structures in the North Sea— a review [J]. International Biodeterioration, 1985, 21: 277-284.
- [24] Heaf N J. The effect of marine growth on the performance of fixed offshore platforms in the North Sea [A]. Proceedings of the 11th Annual Offshore Technology Conference [C], 1979, 1: 255-268.
- [25] 胡津津, 石明伟. 海洋平台的腐蚀及防腐技术 [J]. 中国海洋平台, 2008, 23(6): 39-42.
- [26] 郭剑, 朱晓旭, 莫达勇, 等. 对海洋石油生产平台防海生物装置的解析 [J]. 中国海上油气: 工程版, 2002, 14(6): 39-43.
- [27] 刘孔忠, 宫耀华, 仲华. 平湖油气田平台导管架防海生物装置的应用 [J]. 中国海上油气: 工程版, 2002, 15(1): 50-52.
- [28] Anon. Wave-powered devices remove platform marine growth [J]. Ocean Industry, 1991, 25(9): 30-32.
- [29] 田俊杰, 刘刚, 曲政. 石油平台海生物污损的防治方法 [J]. 腐蚀与防护, 2003, 24(10): 450-451.
- [30] 赵胜, 孙光明, 薛荣俊. 电解防污装置在海上油田油气工程中的应用 [J]. 海洋技术, 1999, 18(3): 51-55.
- [31] Williams E E, Knox-Holmes B K. Marine biofouling solutions for closed seawater systems [J]. Sea Technology, 1989, 30(6): 17-18.
- [32] 严涛, 严文侠, 董钰, 等. 北部湾东北部海区污着生物研究 [J]. 热带海洋, 1998, 17(2): 38-44.
- [33] 严涛, 严文侠, 梁冠和, 等. 海南岛西南部莺歌海水域生物污损研究 [J]. 热带海洋, 1997, 16(4): 41-48.
- [34] Yan T, Yan W X, Dong Y, et al. Fouling in offshore areas southeast of the Pearl River delta, northern South China Sea [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003, 22(2): 201-211.
- [35] 马士德, 孙虎元, 黄桂桥, 等. 海洋污损生物对碳钢腐蚀的影响 [J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000, 20(3): 177-182.
- [36] de Brito L V R, Coutinho R, Cavalcanti E H S, et al. The influence of macrofouling on the corrosion behaviour of API 5L X65 carbon steel [J]. Biofouling, 2007, 23(3): 193-201.
- [37] Sun H Y, Ma S D, Hou B R, et al. Mathematical analysis of long term fouling corrosion in sea water [J]. Corrosion Engineering Science and Technology, 2003, 38(3): 223-227.
- [38] Videla H A. Prevention and control of biocorrosion [J]. International Biodeterioration and Biodegradation, 2002, 49: 259-270.

A Review on Biofouling of Offshore Petroleum Facilities

LI Jing¹, YANG Tian-xiao², CHEN Chi²

(1. Guangdong Industry Technical College, Guangzhou 510300, China;

2. Panyu Operating Company, CNOOC China Limited, Shengzhen 518067, China)

Abstract: Bivalves, acorn barnacles and coelenterates are the most important fouling species on offshore installations. They substantially increase the hydrodynamic loading, impede underwater inspections, and cause physical obstruction for seawater pipelines as well. The species distribution and structure characteristic of common fouling species on offshore petroleum development area are discussed. Usual and effective ways for controlling and removals of marine fouling are put forward. Further work should be focused on the development of ecological mathematic model.

Key words: biofouling; petroleum facilities; offshore