



УДК 622.24

## ПРОБЛЕМЫ ОБРАСТАНИЯ МОРСКИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА ШЕЛЬФЕ



## THE PROBLEMS OF FOULING OF OFFSHORE DRILLING RIGS OPERATED ON THE SHELF

**Ладенко Александра Александровна**

кандидат технических наук,  
доцент Армавирского  
механико-технологического института (филиал),  
Кубанский государственный  
технологический университет  
saha-ladenko@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлено решение основной проблемы обрастания морских буровых установок, которые в свою очередь приводят к авариям. Развитие обрастаний создает непредвиденные помехи эксплуатации платформ. Дается характеристика основных способов очистки поверхностей под водой. Представлен один из наиболее современных, экологически чистых и энергосберегающих способов очистки поверхностей – гидродинамический способ очистки, использующий как динамическое воздействие, так и кавитационный эффект, имеющий место при истечении затопленных высоконапорных струй. Справедливость полученных результатов проверена на универсальной установке, прошедшей стендовые и промышленные испытания.

**Ключевые слова:** эксплуатация, буровая установка, обрастание, проблема, авария, контроль, надежность, защита, загрязнение, очистка, способ, струйно-эрозионный процесс, струйный поток.

**Ladenko Alexandra Alexandrovna**

Ph.D., associate Professor,  
Armavir Institute of Mechanics  
and Technology (branch),  
Kuban State Technological University  
saha-ladenko@yandex.ru

**Annotation.** The article presents the solution of the main problem of fouling of offshore drilling rigs, which lead to accidents. The spread of fouling creates unforeseen interference with the operation of the platforms. The characteristic of the main methods of surface cleaning under water is given. Hydrodynamic method of cleaning is one of the most modern, environmentally friendly and energy-saving methods of surface cleaning using both the dynamic effect and the cavitation effect that occurs at the end of the submerged high-pressure jets. The fairness of the obtained results was tested on the universal set that passed bench and industrial tests.

**Keywords:** exploitation, drilling rig, fouling, problem, accident, control, reliability, protection, pollution, purification, method, jet-erosion process, jet stream.

**П**роблема обрастания опор нефтедобывающих платформ является на сегодняшний день одной из актуальнейших в связи с интенсификацией добычи нефти и газа на континентальном шельфе [1]. Увеличение числа разведочных и эксплуатационных морских плавучих судов-платформ и стационарных платформ (МСП) на шельфе мирового океана сопровождается учащением случаев их аварий, связанных в основном со штормами и выбросом нефти из скважин. Одной из причин, приводящих к этим авариям, может служить явление морского обрастания.

С явлением морского обрастания человек столкнулся со времени постройки первых судов и примитивных подводных сооружений. Общеизвестна негативная роль морского обрастания в хозяйственной деятельности человека. Обрастание подводной части судов представляет собой особую проблему. В процессе эксплуатации судна обрастание отрицательно влияет на его гидродинамические характеристики, что приводит к ухудшению ходовых свойств. Для работников тепловых электростанций и других предприятий, использующих в системе охлаждения морскую воду, это зарастание водоводов морскими прикрепленными организмами, делающее порой эксплуатацию труб невозможной. Обрастание – одна из главных причин выхода из строя океано-графических приборов, длительно находящихся в воде (измерителей течения, гидрофонов). Обрастание гидроакустических приборов (эхолотов, локаторов, устройств связи) вызывает снижение их чувствительности вплоть до выхода прибора из строя. Морские организмы могут нарушать изоляцию электрических кабелей и повреждать металлические тросы.

Обрастание – это нарост, образуемый на погруженных в воду искусственных предметах или контактирующими постоянно с водой поселениями организмов (бактерий, водорослей, беспозвоночных животных) и минеральными частицами. По размерам организмы обрастания делят на:

- микрообрастателей (бактерии, одноклеточные организмы);
- макрообрастателей (беспозвоночные и водоросли).

Основу обрастателей составляют прикрепленные животные и растения:

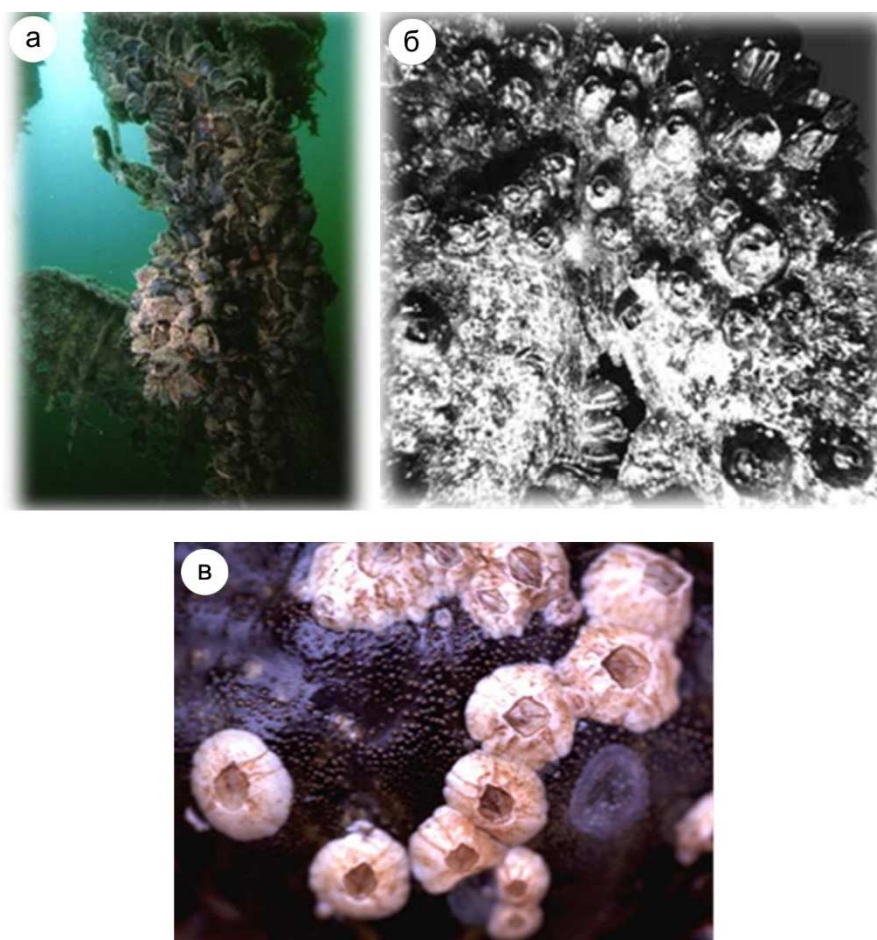
- усоногие ракообразные (морские жёлуди и морские утки);
- двустворчатые моллюски (мидии и др.);



- гидроиды;
- мшанки;
- губки;
- асцидии;
- трубчатые многощетинковые черви;
- водоросли.

Среди них селятся подвижные животные, главным образом, черви и ракообразные. Один из важных компонентов обрастаний – бактерии, обычно первыми поселяющиеся на свободных поверхностях. Большинство организмов, размножаясь, образуют споры или свободноподвижные планктонные личинки, которые разносятся течениями, а затем оседают на субстрат и переходят к прикрепленному образу жизни.

Обрастание навигационного ограждения (см. рис.1, а) и гидротехнических сооружений и особенно актуальна проблема обрастания опор нефтедобывающих платформ в связи с интенсификацией добычи нефти и газа на континентальном шельфе (см. рис.1, б, в) приводит к резкому возрастанию сопротивления волновым нагрузкам, что в конечном счете может привести к аварийной ситуации [1].



**Рисунок 1** – Обрастание мидиями якорной цепи буя навигационного ограждения(а) и усоногими раками баланусами опоры нефтедобывающей платформы (б, в)

Массовое развитие обрастания создает следующие непредвиденные биопомехи эксплуатации платформ:

1. *Возникновение дополнительной нагрузки на опоры* от постепенно возрастающей массы обрастания. При средней биомассе обрастания  $20 \text{ кг/м}^2$  общая биомасса обрастания одной опоры на глубине от поверхности до 50 м составляет не менее 3 т.

2. *Возрастание сопротивления опор волновым нагрузкам.* Известно, что увеличение шероховатости подводной части судна всего на 25 мкм повышает сопротивление его движению на 2,5 %, а сплошное обрастание баланусами с диаметром домика 25–30 мм вызывает потери скорости хода до 4 узлов, что составляет 30 % от номинала. На платформе со сроком эксплуатации более 2-х лет степень обрастания является очень сильной, и сопротивление опор волновым нагрузкам возрастает не менее чем на 50 %.



3. *Невозможность обнаружения дефектов элементов конструкции опор*, скрытых под сплошным слоем обрастания при проведении операций по контролю за их техническим состоянием с использованием подводно-технических средств. При сильной степени обрастания водолаз или специалист подводного аппарата может выполнить лишь первый пункт инструкции: «Установить наличие чрезмерного обрастания». Такие дефекты как «наружные трещины в элементах конструкции», «наличие поврежденных элементов», «участки активной коррозии» и т.п. обнаружить невозможно, так как они скрыты под сплошным слоем обрастания. Более сложные методы контроля (ультразвуковой, радиографический, магнитных частиц) требуют тщательной зачистки поверхности или опасны для здоровья персонала.

Таким образом, обрастание опор МСП представляет собой достаточно серьезную опасность и при длительной эксплуатации может способствовать возникновению аварийной ситуации, т.к. решающую роль здесь могут сыграть биопомехи не принятого в расчет обрастания [1].

Общий мировой ущерб от морского обрастания в настоящее время составляет 50 млрд долларов в год, из них 20 % приходится на обрастание судов [4].

Среди наших проектировщиков, технологов и эксплуатационников нередко встречается пренебрежение биологией моря – неотъемлемой частью науки о море. Подобное отношение к работам гидробиологов приводит к одностороннему подходу к проблеме морского обрастания. Среди работников судоремонтных заводов бытует мнение, что «обрастание – это «черная и белая ракушка», да еще «трава». Оно вызывает снижение скорости судов, и поэтому с обрастанием следует беспощадно бороться любыми способами». При этом под черной и белой ракушкой соответственно подразумеваются мидии и усконогие раки, под травой объединяются гидроиды, мшанки, водоросли.

На борьбу с обрастанием развитые страны тратят огромные средства, если бы с обрастанием не велась борьба, то ущерб от него возрос бы в десятки, если не в сотни раз.

Борьба с обрастаниями включает регулярную очистку обросших поверхностей, промывку водоводов горячей водой или растворами химических веществ, покрытие поверхностей ядовитыми красками. Невозможность обнаружения дефектов элементов конструкции опор, скрытых под сплошным слоем обрастания при проведении операций по контролю за их техническим состоянием с использованием подводно-технических средств. Более сложные методы контроля (ультразвуковой, радиографический, магнитных частиц) требуют тщательной зачистки поверхности или опасны для здоровья персонала.

Одним из современнейших направлений защиты подводных поверхностей конструкций буровых платформ является их регулярная очистка от обрастаний различными способами.

Наиболее широкое развитие на практике нашло лишь одно направление защиты от обрастания – химическое, которое активно разрабатывается во многих развитых странах и в настоящее время. Оно связано с использованием красок и других покрытий, способных выделять в окружающую среду сильнодействующие яды (биоциды), которые убивают не только обрастателей, но и любых других водных животных. Основной принцип работы противообрастающих покрытий – постоянный выход ядов в окружающую среду, приводящий к образованию сначала локальных, а затем и более обширных безжизненных зон в акваториях портов. Результат – в местах с повышенным числом искусственных объектов, имеющих такие покрытия, исчезают широко распространенные ранее виды, появляются мутантные формы: моллюски без раковин и т.п. Возникает сложная ситуация: чем больше мы создаем искусственных морских объектов, тем большее количество ядов из противообрастающих покрытий поступает в морскую среду, тем самым нанося непоправимый вред природным экосистемам.

Но обрастание не является только злейшим врагом. Обрастание в биологическом аспекте – это естественный процесс, составляющий неотъемлемую часть жизни гидросферы. Самостоятельных видов, живущих исключительно на антропогенных субстратах, не существует – это те же виды из бентоса твердых грунтов, приспособившихся к специфическим условиям жизни на искусственном субстрате (затопленные суда, брошенные свайные сооружения, твердый обломочный материал в связи с тектоническими перемещениями и извержениями вулканов на побережьях и т.п.).

Реакция потенциальных обрастателей на попавший в водную среду предмет искусственного происхождения обычно такая же, как и на экологически им хорошо знакомый.

Любое нарушение сложившегося равновесия экосистем обрастания, так же как и бентоса, может вызвать непредвиденные, в том числе и крайне нежелательные сдвиги этого равновесия. Так, в составе обрастания обитает множество двустворчатых моллюсков: в дальневосточных морях – мидии, устрицы, в тропиках – жемчужницы. Они являются перспективными объектами морекультуры, а из обрастания постоянно воспроизводится огромное количество личинок этих видов. Кроме того, двустворчатые моллюски активно фильтруют загрязненную воду портов, пропуская через себя сотни тонн воды за сутки. Обросшие сваи гидротехнических сооружений представляют собой «искусственный риф», привлекающий скопления рыб ценных пород. Большинство обрастателей являются высокочувствительными индикаторами состояния водных экосистем на наличие в воде тяжелых металлов. Это дает возможность оперативно проводить оценку степени загрязнения и относительно легко интерпретировать полученные результаты.

Обросшие сваи гидротехнических сооружений представляют собой «искусственный риф», привлекающий скопления рыб ценных пород. Большинство «обрастателей» являются высокочувствительными индикаторами состояния водных экосистем на наличие в воде тяжелых металлов. Это дает



возможность оперативно проводить оценку степени загрязнения и относительно легко интерпретировать полученные результаты. В сложившейся ситуации существует один разумный выход: не бороться с обрастанием, а защищаться от него, и, как это не покажется парадоксальным, иногда и защищать его от человека. На борьбу с обрастанием в мире расходуется примерно 500 млн долларов.

Наличие в противообрастающих красках ядовитых компонентов требует соблюдения мер предосторожности при подготовке ранее окрашенных поверхностей к перекрашиванию, приготовлении и нанесении красок.

Одним из современнейших направлений защиты подводных поверхностей конструкций буровых платформ является их регулярная очистка от обрастаний различными способами.

Из известных способов под водой можно применять только те, которые по своим техническим признакам приемлемы, а именно которые представлены на рисунке 2 [1].



Рисунок 2 – Основные способы очистки поверхностей под водой

Под водой используют в основном механические методы очистки.

Механические методы основаны на силовом воздействии механических рабочих органов на отложения и коррозию. По своему конструктивному исполнению они имеют множество модификаций.

Реализация этих способов осуществляется устройствами, имеющими большую разновидность конструкций.

По виду рабочих органов и способу воздействия на удаляемый слой обрастания существующие средства механизации можно разделить на две группы.

К первой группе относятся инструменты и агрегаты с металлическими очистными органами в виде пучковых молотков, проволочных щеток, шарошек, иглофрез и др.

Износ материала после очистки металлической поверхности достигает 0,2–0,3 мм за один проход, а небольшие раковины, углубления, язвыны вообще остаются неочищенными.

Применение шарошек имеет дополнительные недостатки: высокий уровень шума при работе очистного органа, превышающий санитарно-гигиенические нормы, низкую надежность и долговечность, необходимость замены шарошек через 3–4 рабочие смены.

Ко второй группе средств механизации очистки поверхностей от обрастаний относятся такие, в основе которых лежит струйно-эрозионный процесс. Средства механизации этой группы лишены недостатков, присущих агрегатам с механическими очистными органами.

Наибольшее распространение получили способы очистки, использующие струи воды [2, 3, 4].

Наиболее эффективным и современным для очистки поверхностей под водой от обрастаний является гидродинамический способ очистки, использующий как динамическое воздействие, так и кавитационный эффект, имеющий место при истечении затопленных высоконапорных струй.

Анализ работ [1-4] по кавитации позволяет сделать вывод о том, что кавитационная эрозия, очищающая поверхности металлов от различных наслоений, может эффективно использоваться при производстве очистных работ от обрастаний подводных конструкций морских буровых плавающих платформ.



## Литература

1. Родионов В.П. Разработка способа очистки поверхностей судовых конструкций с использованием кавитации : дис. ... канд. тех. наук. – Л. : ЛКИ, 1987. – 230 с.
2. Патент на промышленный образец № 76567, Россия МПК В63В 59/08, Инструмент для подводной очистки поверхностей / Родионов В.П. Приоритет от 12 января 2009 г.
3. Родионов В.П., Ладенко А.А. Использование гидродинамических струй при эксплуатации и обслуживании объектов добычи нефти : учеб. пособие / Кубан. гос. технол. ун-т. Армавир. Мех.-технол. ин-т. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2014. – 163 с.
4. Проблемы обрастания морских буровых установок эксплуатируемых на континентальном шельфе / А.А. Ладенко [и др.] // Сфера «НЕФТЕГАЗ». – 2015. – № 5(49). – С. 34–37.

## References

1. Rodionov V.P. Development of the method of the ship structures surfaces cleaning using the cavitation : abstract ... Cand. Sci. (Techn.) Cand. – L. : LKI, 1987. – 230 p.
2. Industrial design patent № 76567, Russia MPK B63B 59/08, Instrument for underwater surface cleaning / Rodionov V.P. Priority of January 12, 2009.
3. Rodionov V.P., Ladenko A.A. Use of the hydrodynamic jets at operation and service of the oil production objects : a training manual / Kuban state technologist Un-t. Armavir. Mech.-technol. in-t. – Krasnodar : Federal State Budgetary Institution of Higher Professional Education «Kuban State Technical University», 2014. – 163 с.
4. Problems of formation of offshore drilling rigs operated on the continental shelf / A.A. Ladenko [et al.] // Sphere «NEFTEGAZ». – 2015. – № 5(49). – P. 34–37.