

ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

СПЕЦВЫПУСК № 2 | 802 | 2020

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ, ИЗДАЕТСЯ С 1956 г.,
ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ ВАК

8 СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ПРЕДПОСЫЛКИ ПОЯВЛЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

104 СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ГИДРОСИСТЕМАХ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В ПОДВОДНОЙ ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

114 АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УСТЬЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ. ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

МОРСКИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА

УДК 007.52::622.279.04

Д.Л. Лушников, АО «Морнефтегазпроект» (Москва, РФ), d.lushnikov@mngproject.ru

Морские подводные операции служат одной из основ реализации проектов по освоению шельфовых нефтегазовых месторождений. Современный подход к ним предполагает использование морских роботизированных систем.

В статье рассказывается о проведенном анализе возможности и необходимости применения подводных роботизированных систем при освоении шельфа, в т.ч. в Арктической зоне РФ. Перечислены основные сферы, где на данный момент возможна эксплуатация подводной робототехники. Обозначены перспективные направления ее использования. Отдельно рассматриваются проблемы, с которыми сталкиваются отечественные разработчики роботизированных систем. Автор делает заключение о целесообразности реализации программ импортозамещения на всех этапах разведки, обустройства, эксплуатации и консервации месторождения и предлагает осуществлять переход от практики финансирования разработки отдельных дорогостоящих подводных комплексов к поддержке современного технологического уровня базовых подводных технологий и обеспечению доступа к ним отечественных предприятий промышленности и разработчиков подводной техники.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОДВОДНЫЙ МОРСКОЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС, ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА, МЕСТОРОЖДЕНИЕ, УГЛЕВОДОРОДЫ.

Постепенное истощение известных сухопутных месторождений, развитие технологий и другие факторы обеспечивают все больший интерес к разработке шельфовых

месторождений углеводородов. С каждым годом морские сооружения возводятся все дальше от берега, подводная инфраструктура погружается все глубже (рис. 1).

Успешность, а зачастую и возможность реализации морского проекта существенно зависит от корректности выполнения подводных операций (рис. 2).

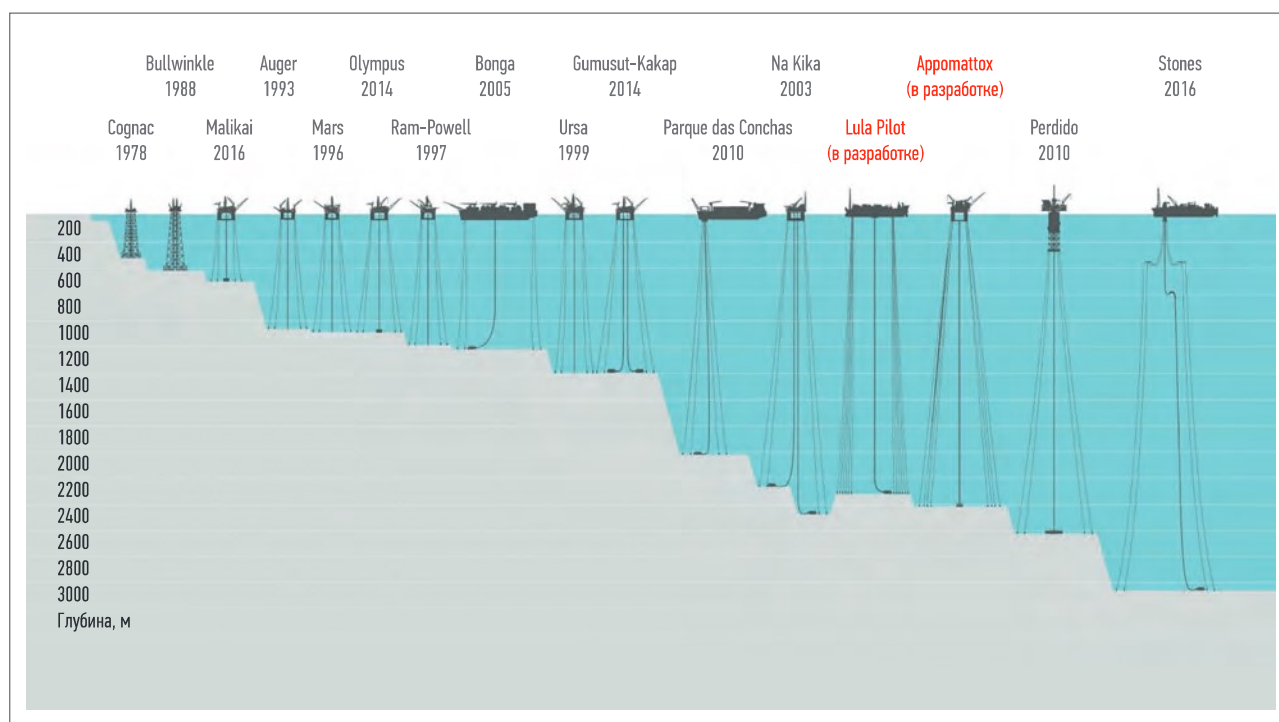


Рис. 1. История глубинного бурения за последние 40 лет [1]

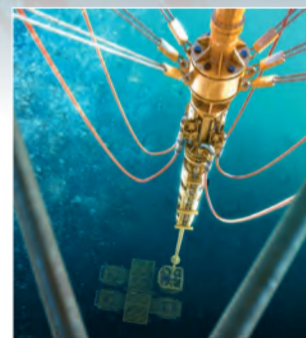
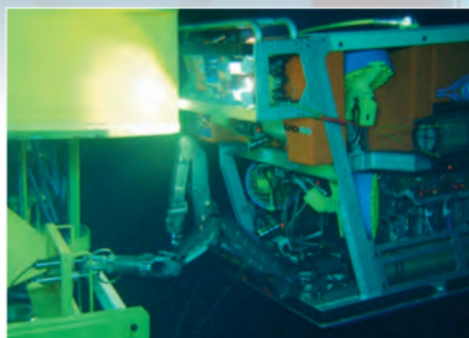


Рис. 2. Примеры подводных работ [2–5]

Современный подход к выполнению подводных операций ориентирован на безлюдные технологии, дешевизну и эффективность. Если месторождение находится в холодной климатической зоне, где часть года или даже круглогодично на поверхности моря присутствует лед, это приводит к необходимости вводить дополнительные требования как к морской и подводной технике, так и к организа-

ции работ. Использование морских роботизированных систем – один из возможных путей решения существующих технологических вызовов, особенно в арктических проектах.

На основе опыта участия в выполнении ряда работ, посвященных предынвестиционной проработке шельфовых проектов, а также по итогам дискуссий, проведенных на тематических конференциях

по данному направлению в 2019–2020 гг., автором проведено обобщение и представлены рекомендации по применению подводных роботизированных систем.

ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДВОДНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Автором была поставлена задача выделить основные этапы работ при освоении месторож-

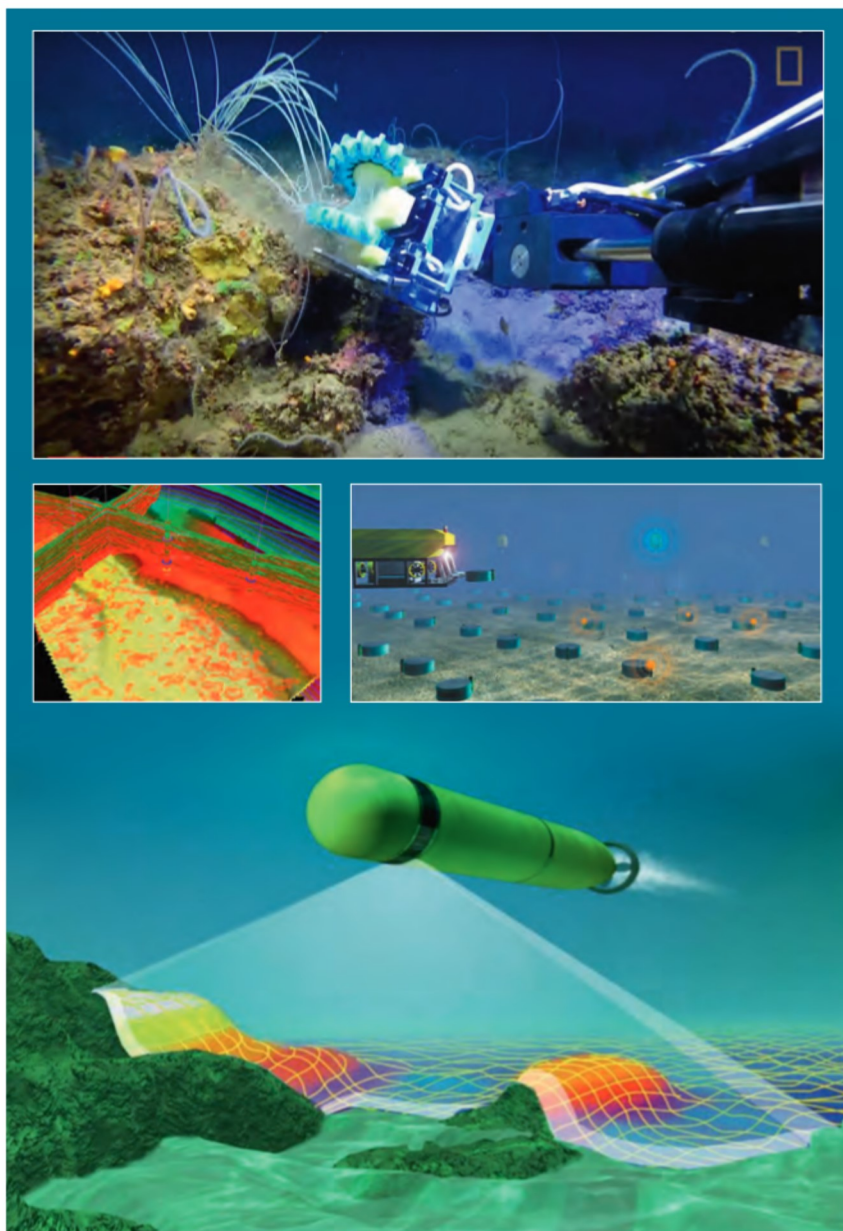


Рис. 3. Использование морских роботизированных систем при подводной разведке или изысканиях [6–9]

дений и оценить потребность в подводной роботизированной технике на каждом из них. Ниже приведена полученная в результате исследования классификация.

Разведка и изыскание

Разведка и изыскание – традиционные области, в которых применяются морские подводные роботизированные системы

(рис. 3). В настоящее время автономные подводные аппараты, оснащенные соответствующей аппаратурой, способны без участия человека обследовать значительные площади дна и доставлять на берег готовые результаты. Используются также управляемые и буксируемые аппараты в комплексе с традиционными методами работы с судна.

В ледовых условиях эксплуатация автономных аппаратов с ледокола-носителя может оказаться единственным возможным способом провести работы по разведке или изысканиям. Следует учитывать, что для подобных работ необходимо использовать суда, оснащенные шлюзами (мунпулами¹), позволяющими осуществлять выход и прием подводных робототехнических средств через днище судна.

Подводное обустройство месторождений

В настоящее время глубоководная прокладка кабелей и трубопроводов производится преимущественно с помощью подобных систем (рис. 4). Подводный мониторинг также все в большей степени становится задачей, в которой применяются подводные аппараты (рис. 5).

Широко используются роботизированные подводные средства для монтажа подводных конструкций, подводных грунтовых работ и т.д. (рис. 6).

Эксплуатация подводных месторождений

При эксплуатации месторождений подводные робототехнические системы очень востребованы при ремонтных, сервисных работах, для управляющих воздействий, мониторинга состояния подводных конструкций и много другого (рис. 7).

Большие перспективы открываются перед подводными роботизированными системами в области управления ледовой обстановкой (рис. 8). Например, айсберги возвышаются над водой только на небольшую часть своей высоты и в условиях плохой погоды, находясь среди дрейфующих ледовых полей, зачастую не могут быть своевременно выявлены никакими использующимися в настоящее время для ледового мониторинга

¹ От английского «moon pool» – трубчатое отверстие в корпусе (обыкновенно в центральной части) бурового судна, баржи или полупогружной буровой установки, через которое опускают необходимое оборудование во время бурения, заканчивания, ликвидации подводной скважины или любых других подводных работ.

системами. Подводные гидроакустические средства могли бы помочь выявлять опасные ледовые образования, а автономные под-



Рис. 4. Подводное устройство (прокладка трубопроводов и кабелей и др.) [10–12]

водные аппараты могут безопасно и в любую погоду приближаться к ним и выявлять их размер и форму. На основе этой информации возможно составить карту ледовой обстановки, которая в целях принятия своевременных решений по нивелированию угроз от дрейфующих опасных ледовых образований будет информировать руководителей работ.

При ликвидации аварийных разливов нефти в условиях льда подводные роботизированные системы также могут оказаться весьма востребованными (рис. 9). Такие задачи, как мониторинг распространения подо льдом нефтяных загрязнений, выявление источников загрязнения, установка нефтесобирающих купольных приспособлений, могут быть наиболее эффективно реализованы с привлечением подобных систем. Подводные роботы могут

применяться для ликвидации загрязнений подо льдом, устранения утечек, установки боновых подледных заграждений и других приспособлений для ликвидации разливов нефти.

При эксплуатации морских месторождений в ледовых условиях подводные роботизированные системы крайне полезны при обеспечении задач подводной гидрографии, навигации и гидрометеорологического обеспечения.

Консервация месторождений

Различные инструменты (тросорезы, сварка, пила, манипуляторы) позволяют телеуправляемым роботам участвовать в демонтаже, осуществлять подводные такелажные и другие виды работ (рис. 10).

Данные задачи пересекаются с работами, рассмотренными выше, например, с мониторингом, подводными грунтовыми и другими



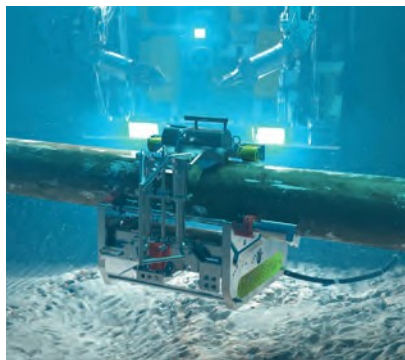


Рис. 5. Подводное обустройство (подводный мониторинг) [13, 14]

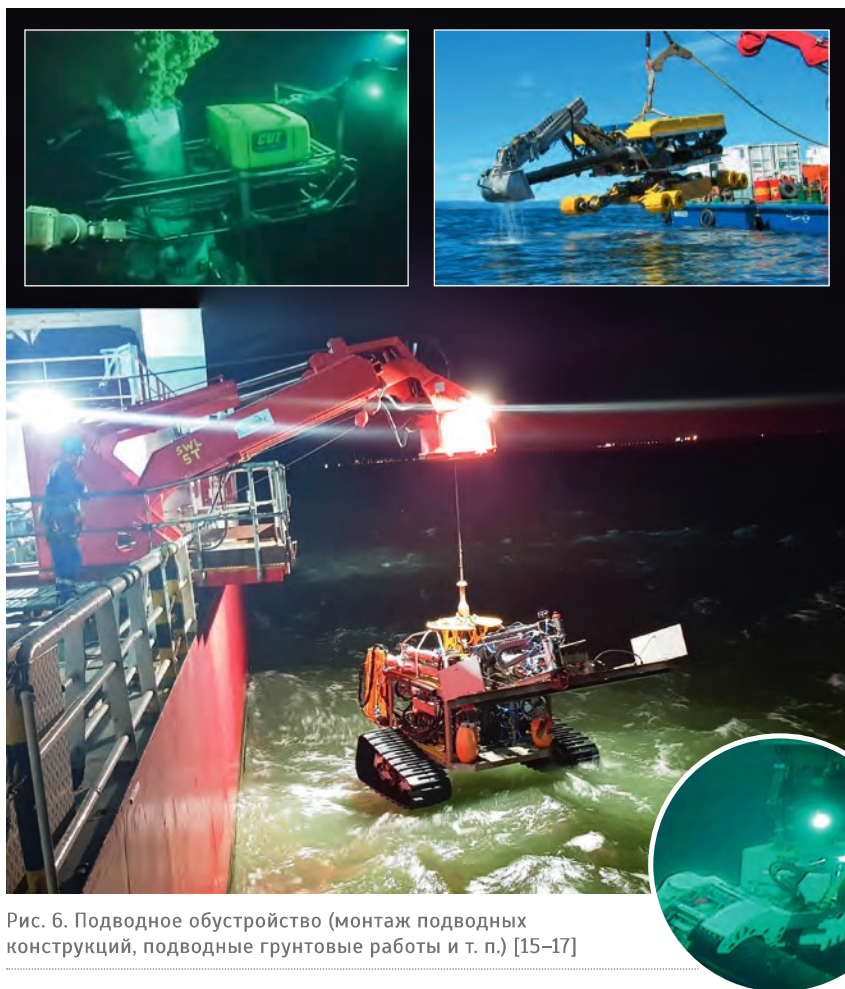


Рис. 6. Подводное обустройство (монтаж подводных конструкций, подводные грунтовые работы и т. п.) [15–17]

видами работ и могут использовать схожие технические решения и аппаратную базу.

Подводные спасательные операции

Подобные системы используются для поиска «черных ящиков», обследования мест крушения самолетов, судов и других объектов, для подъема затонувших судов и подводных лодок и, конечно же,

для спасения людей, попавших под водой в аварийную ситуацию (рис. 11).

ДАЛЬНЯЯ ПЕРСПЕКТИВА: ПОДВОДНЫЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ

В перспективе возможно использование подводных роботизированных буровых установок совместно с ледоколом-носителем

в качестве обслуживающего судна для традиционного бурения скважин (рис. 12). Особенно это актуально для ледовых условий, в которых обычные буровые ледокольные суда не могут удержать своего положения под напором дрейфующего льда, а использование полностью подводных решений труднореализуемо (нет доступа к воздуху, требуются сложные энергетические решения и проработка вариантов утилизации попутного газа и т.д.).

В настоящее время уже существуют серийные буровые роботизированные установки, которые позволяют бурить скважины (глубиной до 200 м) на глубинах до 4000 м (рис. 13). В этой области происходит быстрый прогресс.

Неразумно относиться к этим технологиям легкомысленно. Надо иметь в виду, что если не начать осваивать их прямо сейчас, то для отрасли они навсегда останутся несбыточной перспективой и мы рискуем в мире полной роботизации подводной добычи неожиданно оказаться совершенно к этому не готовыми.

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПОДВОДНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В РОССИИ

На первый взгляд, основная проблема отечественной разработки подводных роботизированных систем состоит в низком спросе на подобную продукцию. Низкий спрос порождает хроническое недофинансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этой сфере, что влечет за собой высокую себестоимость создаваемых образцов, что, в свою очередь, опять порождает низкий спрос. Казалось бы, круг замыкается. Тем не менее рассмотрим так называемый «феномен Исландии».

Как известно, население Исландии – 364 тыс. чел. Однако именно здесь был создан модульный автономный обитаемый

подводный аппарат GAVIA, закупавшийся в т. ч. и Россией. Как такое возможно?

Дело в том, что Исландия может воспользоваться всеми технологическими достижениями Запада, а России это в силу различных причин недоступно. Имея доступ к полному комплексу базовых подводных технологий, небольшой коллектив профессионалов может создавать подводные аппараты мирового уровня. Российские разработчики вынуждены приобретать базовые технологические системы для своих аппаратов за рубежом у разных поставщиков, и в итоге общее техническое решение нередко получает ряд

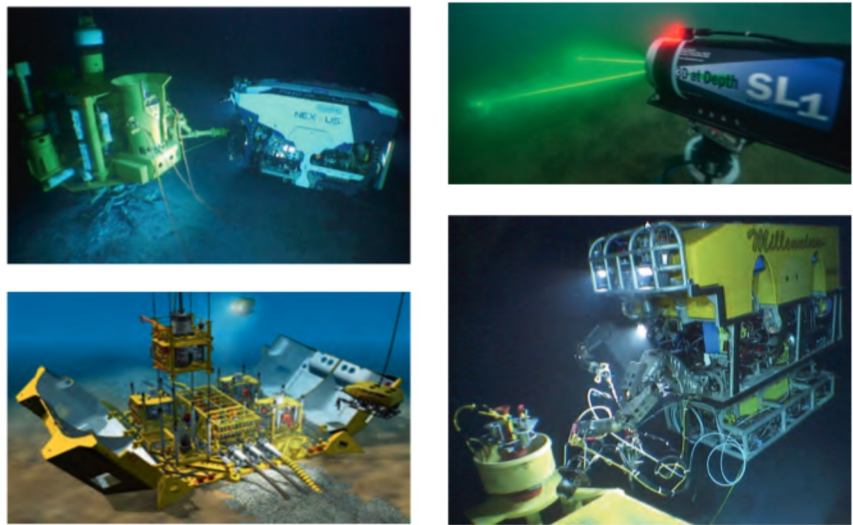


Рис. 7. Эксплуатация месторождений: подводные операции (мониторинг, обслуживание и др.) [18–21]

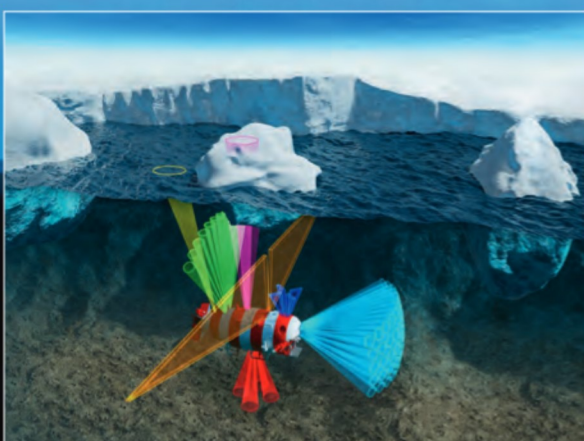
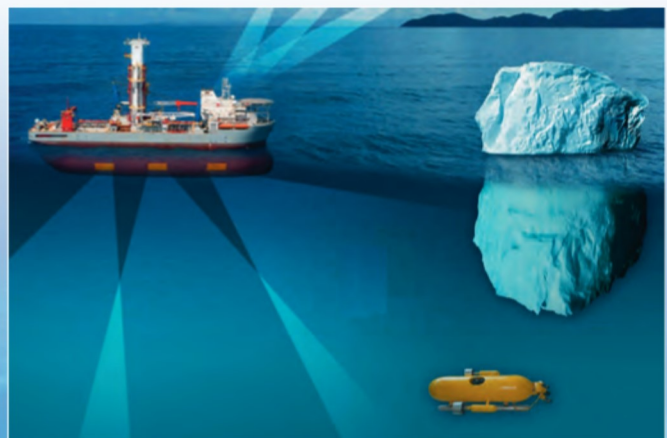
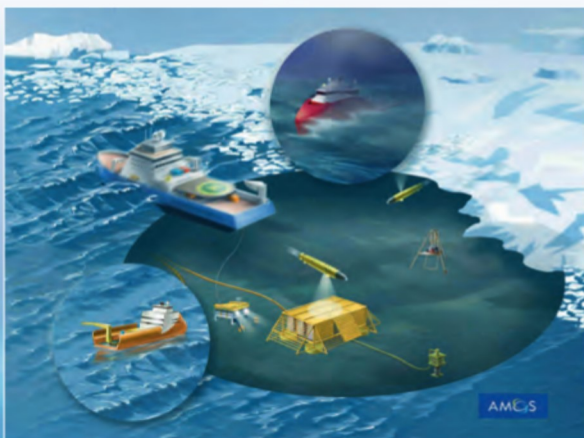


Рис. 8. Эксплуатация месторождений: управление ледовой обстановкой [22, 23]



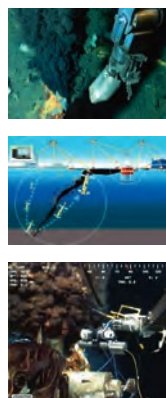
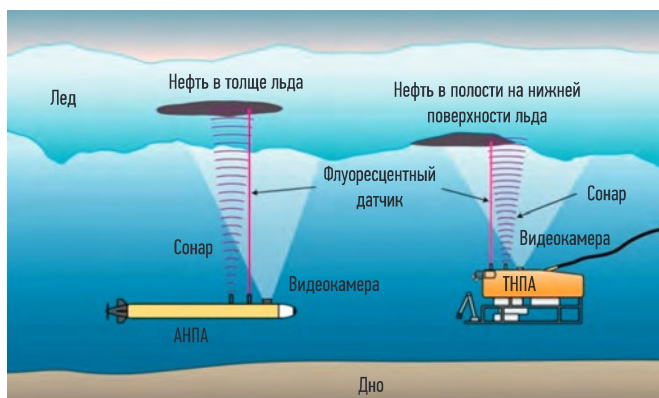


Рис. 9. Эксплуатация месторождений: ликвидация аварийных разливов нефти [24–27]



Рис. 10. Консервация месторождений: подводная техника для работ по демонтажу и консервации, подводного мониторинга [28–31]



недостатков: оно не сбалансировано, работает нестабильно, зависит от международной геополитической обстановки, может потерять сервисную поддержку, что приведет к его неработоспособности.

Более того, реализуя крупные проекты по подводной тематике в условиях отсутствия базовых

технологий, российские производители вынуждены разрабатывать различные комплексы для каждой конкретной задачи, не предусматривающие взаимозаменяемость блоков, не предполагающие коммуникации между различными комплексами, имеющие несовместимость оборудования и т.п. Понятно, что такой подход доста-

точно затратный – как финансово, так и по срокам, он не позволяет выйти из ловушки догоняющего развития.

Для того чтобы кардинально поменять ситуацию, автор считает необходимым создать базис основных технологических решений, на которых возможно построить любую подводную техническую систему (рис. 14).

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ШЕЛЬФОВЫХ ПРОЕКТОВ

Согласно проведенным автором оценкам, широкое внедрение подводных роботизированных средств на всех этапах освоения шельфовых месторождений обеспечит:

- автономную круглогодичную эксплуатацию подводного оборудования в ледовых условиях;
- повышение эксплуатационной надежности;
- обеспечение промышленной безопасности;
- проведение круглогодичного мониторинга, обследований и др.;
- проведение подо льдом строительно-монтажных, пусконаладочных и спасательных работ.

В настоящее время высокий потенциал роста имеют следующие направления:

- освоение базовых технологий подводной техники, в т.ч. роботизированной;
- индустриальный дизайн подводных систем;
- отработка практик использования технологий подводных операций;
- организация полного цикла разработки, эксплуатации и модернизации подводных роботизированных систем;
- разработка сервисов подводных операций.

Развитие данных направлений позволит увеличить эффективность и рентабельность всей нефтегазодобывающей отрасли, т.к. они имеют ярко выраженный интегральный эффект. В этой области сходятся интересы государства,

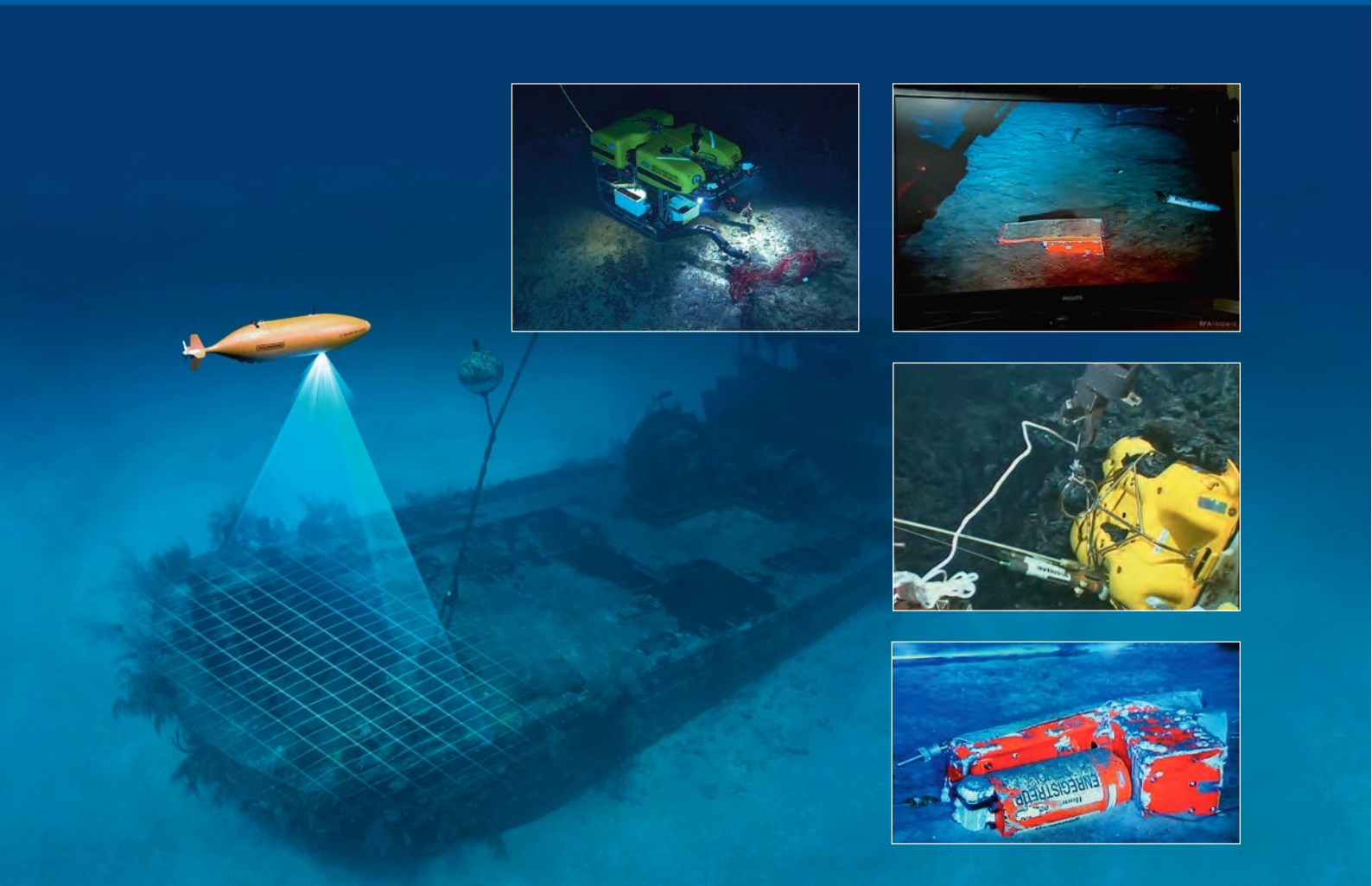


Рис. 11. Спасательные операции на воде и под водой [32–36]

науки и бизнеса, что обеспечивает перспективность совместных усилий.

ВЫВОДЫ

При составлении программ исследований, разработке и адаптации новой подводной техники в интересах освоения морских месторождений, в т.ч. в Арктической зоне РФ, следует руководствоваться представлением о том, что существует ряд характерных для освоения шельфовых месторождений видов работ, обеспечивающих полный комплекс мероприятий на всех этапах освоения²:

- разведка и изыскания: геолого-разведка; батиметрия, акустическая профилография, магнитография; картография; отбор проб;
- подводное обустройство: мониторинг подводной обстановки;

прокладка трубопроводов, кабелей; монтаж подводных конструкций; подводные грунтовые работы; осуществление подводных операций;

- эксплуатация месторождений: обеспечение эксплуатации и ремонта подводных конструкций и сооружений; управление ледовой обстановкой; ликвидация аварийных разливов нефти; гидрографическое, навигационное, гидрометеорологическое обеспечение;

- консервация месторождений: работы по демонтажу и консервации подводных конструкций и сооружений; мониторинг;
- спасательные операции на воде и под водой.

Дальняя перспектива исследований:

- подводное роботизированное бурение;

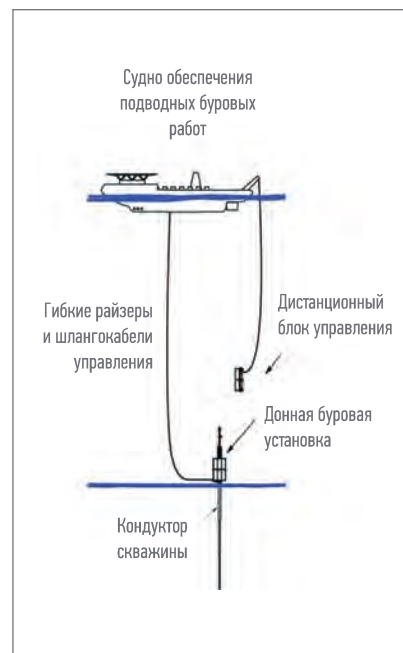


Рис. 12. Схема подводного роботизированного бурения

² Список работ не полон – необходимо дополнять его по мере поступления предложений.



а)



б)

Рис. 13. Примеры современных подводных роботизированных буровых установок: а) MeVo 200 (глубина использования до 4000 м) [37]; б) Gregg Seafloor Drill (глубина использования до 3000 м) [38]

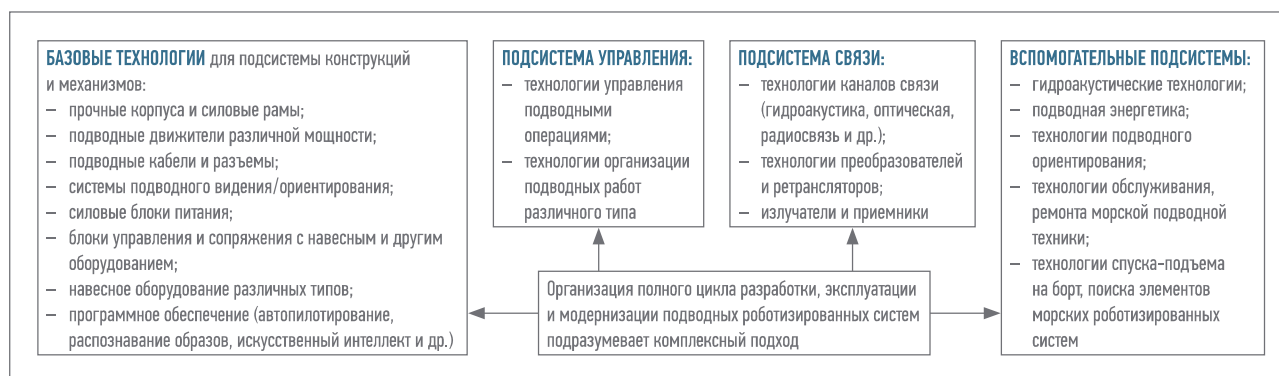


Рис. 14. Комплексный подход к развитию подводных технологий, который обеспечит возможность низкозатратного и быстрого создания роботизированной техники для любых прикладных задач

– безлюдная разведка, изыскания, эксплуатация месторождений.

Обобщив опыт дискуссий с представителями участников рынка, прошедших на тематических конференциях 2019–2020 гг., автор считает целесообразным при разработке, внедрении и эксплуатации подводной техники (в т.ч. роботизированной) применять следующие подходы:

– при реализации программ импортозамещения следует иметь в виду, что его необходимо проводить на всех этапах разведки, обустройства, эксплуатации и консервации месторождения. При отсутствии импортозамещения на каком-либо этапе освоения месторождения критическая зависимость от импортных технологий сохраняется. Полная

независимость от зарубежных поставщиков может быть достигнута только в результате комплексного внедрения импортозамещающих технологий на всех без исключения этапах освоения месторождения;

– при реализации программ импортозамещения в области освоения месторождений необходимо от практики финансирования разработки отдельных дорогостоящих подводных комплексов (предназначенных для обеспечения самостоятельных, строго очерченных задач) перейти к поддержке современного технологического уровня базовых подводных технологий и обеспечения доступа к ним отечественных предприятий промышленности и разработчиков подводной техники. Доступ к ба-

зовым подводным технологиям современного уровня позволит разработчикам и промышленности в короткие сроки создавать любые подводные технические средства, необходимые сервисным компаниям для удовлетворения нужд нефтегазодобывающих предприятий;

– в целях реализации данной практики целесообразно организовать фонд поддержки базовых подводных технологий, в финансировании которого на паритетных началах могли бы принять участие все заинтересованные компании. Доступ к разрабатываемым технологиям получают все компании-участники. Бенефициарами этого станут и государство, и бизнес, и научные организации, и университеты. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. McFadden Ch. What Would Happen If the World Ran Out of Crude Oil? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://interestingengineering.com/what-would-happen-if-the-world-ran-out-of-crude-oil> (дата обращения: 13.06.2020).
2. Sport Diver. Commercial Diving: Join the Tradition [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sportdiver.com/learn-to-dive/article/commercial-diving-join-tradition?dom=rss-default&src=syn> (дата обращения: 13.06.2020).
3. Mazerov K. Depth perception [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.drillingcontractor.org/depth-perception-23529> (дата обращения: 13.06.2020).
4. Ассоциация «Альфа АРС». Сущность и техника сварки под водой [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.alfa-industry.ru/news/115/38089/> (дата обращения: 13.06.2020).
5. Inside Oil & Gas. Into the deep [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://c-innovation.com/wp-content/uploads/inside-og072015_c-innovation-profile.pdf (дата обращения: 13.06.2020).
6. Les Echos Investir. Reuters S&P Global s'attend à une envolée des défauts d'émetteurs "junk" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://investir.lesechos.fr/actions/actualites/s-p-global-s-attend-a-une-envolee-des-defauts-d-emetteurs-junk-1902649.php> (дата обращения: 13.06.2020).
7. Ali. Treasure Hunting an investigation of how geophysics helps us find what we treasure [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geophysicstreasurehunt.blogspot.com/2012/11/li-fi-for-marine-surveys.html> (дата обращения: 13.06.2020).
8. Ballard L. Squishy Robot Fingers Collect Deep-Sea Coral [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.botmag.com/squishy-robot-fingers-collect-deep-sea-corals/> (дата обращения: 13.06.2020).
9. Klages M. Significant investment in marine infrastructure at the University of Gothenburg: a new research vessel and mobile underwater systems (AUV and ROV) [Электронный ресурс]. Режим доступа: ervo-group.eu/np4/np4/%7BScientServletPath%7D/?newsId=21&fileName=11.pdf (дата обращения: 13.06.2020).
10. ROV planet magazines. CCC Signs Contract with SMD for Hard Ground Trenching Machine [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rovplanet.com/news/news?id=907> (дата обращения: 13.06.2020).
11. Dragon K. SMD & Fugro Q1400 trenching system – 3D Subsea Animation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vimeo.com/44234672> (дата обращения: 13.06.2020).
12. Allseas. Pipeline protection [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://allseas.com/activities/pipelines-and-subsea/pipeline-protection/> (дата обращения: 13.06.2020).
13. ECA Group. ECA Group – AUV A9 M – AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE FOR MCM MISSIONS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=kT-GsQ5ff2o> (дата обращения: 13.06.2020).
14. Oceaneering. Subsea Inspection [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oceaneering.com/asset-integrity/in-service-inspection/subsea-inspection/> (дата обращения: 13.06.2020).
15. Экскаватор Ру. Подводный экскаватор Menzi Muck подготавливает океанское дно к прокладке газопровода [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://exkavator.ru/main/news/inf_news/~id=7683 (дата обращения: 13.06.2020).
16. ROV planet magazines. Six-figure R&D investment sees offshore wind success for Aleron's hybrid ROV [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rovplanet.com/news/news?id=1398> (дата обращения: 13.06.2020).
17. Postimees. Суд снял с ВР часть ответственности за аварию в Мексиканском заливе [Электронный ресурс]. Режим доступа: rus.postimees.ee/718130/sud-snyal-s-bp-chast-otvetstvennosti-za-avariyu-v-meksikanskom-zalive (дата обращения: 13.06.2020).
18. Choudhary H. The need for subsea oil and gas control; dangers of offshore drilling [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dspcommgen2.com/the-need-for-subsea-oil-and-gas-control-dangers-of-offshore-drilling-2/> (дата обращения: 13.06.2020).
19. SEIS NEWS. 3D at Depth: Expands Senior Team to Drive Growth and Innovation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://seis.news/3d-at-depth-expands-senior-team-to-drive-growth-and-innovation> (дата обращения: 13.06.2020).
20. Parker K. Are ROVs more like robots or drones? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oilandgaseng.com/articles/are-rovs-more-like-robots-or-drones/> (дата обращения: 13.06.2020).
21. International Marine Contractors Association. Our industry – remote system & ROV [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.imca-int.com/divisions/rov/industry/> (дата обращения: 13.06.2020).
22. Stenberg B. Autonomous marine operations in extreme seas, violent water-structure interactions, deep waters and Arctic [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ntnu.edu/amos/project-7> (дата обращения: 13.06.2020).
23. Lagache G. Cross-correlating cosmic fields in the Epoch of Reionisation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ska-france.oca.eu/images/SKA-France-Media/Lagache_SKAIFRD.pdf (дата обращения: 13.06.2020).
24. Высшая школа университета Осаки. Технический факультет. Курс глобального машиностроения. Курс морского инжиниринга. Курс морского машиностроения. «Лаборатория Като» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/~kato/project/measures/index.html> (дата обращения: 13.06.2020).
25. The French Maritime Cluster. Towards a French Deep Sea Mining Industry [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://dev.cluster-maritime.fr/sites/default/files/plaquette_cmf_dsm_2015.pdf (дата обращения: 13.06.2020).
26. Maksym T., Singh H., Chris Bassett Ch., et al. Oil spill detection and mapping under Arctic sea ice using autonomous underwater vehicles [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/osrr-oil-spill-response-research/1000aa.pdf> (дата обращения: 13.06.2020).
27. Christopher M.R., Arey J.S., Seewald J.S., Sean, et al. Composition and fate of gas and oil released to the water column during the Deepwater Horizon oil spill [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pnas.org/content/109/50/20229> (дата обращения: 13.06.2020).
28. PICRYL. An underwater view showing the Canyon Offshore Remotely Operated Vehicle (ROV) «MANTA» searching the tight and cluttered forecable of the Ehime Maru, during recovery operations [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://picryl.com/media/an-underwater-view-showing-the-canyon-offshore-remotely-operated-vehicle-rov-a9a05f> (дата обращения: 13.06.2020).
29. Tool Tec Ltd. ToolTec Lmt – ROV Cutting [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tooltecltd.com/rov-cutting/> (дата обращения: 13.06.2020).
30. ROV planet magazines. Webtool Announces Compact Guide Wire Cutting Tool for ROVs [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rovplanet.com/news/news?id=100> (дата обращения: 13.06.2020).
31. Mayen-Rygggen J. Professor kjøppte motorsag for å sage på 2000 meters dyp [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tu.no/artikler/professor-kjoeppte-motorsag-for-a-sage-pa-2000-meters-dyp/244754> (дата обращения: 13.06.2020).
32. Goudet J.-L. En bref: les boites noires du Rio-Paris pourront parler [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/aeronautique-bref-boites-noires-rio-paris-pourront-parler-30230/> (дата обращения: 13.06.2020).
33. Woods Hole Oceanographic Institution. ROV Jason/Medea [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www-prod.whoi.edu/what-we-do/explore/underwater-vehicles/nds-f-jason/> (дата обращения: 13.06.2020).
34. Soash B. ROVs: The Swiss Army Knife Of The Ocean [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencefriday.com/educational-resources/rovs-swiss-army-knife-ocean/> (дата обращения: 15.06.2020).
35. Communications of the AMC. Air France 447: How Scientists Found a Needle in a Haystack [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://casr.acm.org/opinion/interviews/108207-air-france-447-how-scientists-found-a-needle-in-a-haystack/fulltext> (дата обращения: 13.06.2020).
36. Geoscience and AUV Surveys [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oceaneering.com/survey-and-mapping/geoscience-and-auv-surveys/> (дата обращения: 13.06.2020).
37. MARUM. Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen. Technology – MEBO [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marum.de/en/Discover/Technology.html> (дата обращения: 13.06.2020).
38. World Oil. Fugro investigation across Australia's North West Shelf supports jackup campaign [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.worldoil.com/news/2016/01/12/fugro-investigation-across-australia-s-north-west-shelf-supports-jackup-campaign> (дата обращения: 13.06.2020).