

 **Общие вопросы**

УДК: 629.127.4-52:62.501.55-531.501

DOI: 10.31776/RTCJ.10101

С. 5-13

**Перспективные высокотехнологичные экспортно-ориентированные  
и востребованные внутренним рынком направления морской робототехники****А.М. Маевский<sup>2✉</sup>, В.Ю. Занин<sup>1</sup>, И.В. Кожемякин<sup>2</sup>**<sup>1</sup>АО НПП ПТ «Океанос», Санкт-Петербург, Российская федерация<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ), Санкт-Петербург, Российская федерация, [maevskiy\\_andrey@mail.ru](mailto:maevskiy_andrey@mail.ru)

(Материал поступил в редакцию 27 сентября 2021 года)

**Аннотация**

В целях освоения Арктической зоны РФ, в указе Президента РФ, были отдельно отмечены направления, связанные с развитием Северного морского пути, охраной окружающей среды Арктической зоны, повышением темпов роста геологического изучения и развитием систем мониторинга Арктического региона. Также в данном документе были обозначены основные задачи, требующие тщательной проработки, а именно: разработка и внедрение технологий и техники для применения в арктических условиях, совершенствование системы мониторинга окружающей среды, использование современных информационно-коммуникационных технологий и систем связи для осуществления измерений со спутников, морских и ледовых платформ, НИС, наземных пунктов и из обсерваторий. Данные проблемы и задачи уже успешно решаются за рубежом с помощью развития современных систем и устройств, применяемых в составе морских робототехнических комплексов (МРТК). В данной статье приведен всесторонний анализ применения автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) в составе подводных резидентных систем. Особое внимание обращено на уже реализованные проекты на внешнем рынке в нефтегазовой отрасли. Авторами представлены реализованные разработки в области морской резидентной робототехники в РФ. В заключении авторами сформулированы предложения по развитию направления морской робототехники, в том числе для решения проблем связанных с долгосрочным мониторингом и эксплуатацией донной нефтегазовой инфраструктуры.

**Ключевые слова**

Морские робототехнические комплексы, АНПА, резидентная робототехника, донные станции, подводные сервисные работы, подводный мониторинг.

**Promising high-tech export-oriented and demanded  
by the domestic market areas of marine robotics****Andrey M. Maevsky<sup>2✉</sup>, Vladislav Yu. Zanin<sup>1</sup>, Igor V. Kozhemyakin<sup>2</sup>**<sup>1</sup>OCEANOS JSC, Saint Petersburg, Russia<sup>2</sup>State Marine Technical University (SMTU), Saint Petersburg, Russia, [maevskiy\\_andrey@mail.ru](mailto:maevskiy_andrey@mail.ru)

(Received 27 September 2021)

**Abstract**

In order to develop the Arctic zone of the Russian Federation, in the decree of the President of the Russian Federation, areas related to the development of the Northern Sea Route, environmental protection of the Arctic zone, an increase in the growth rate of geological research and the development of monitoring systems for the Arctic region were separately noted. Also in this document, the main tasks were identified that require careful study, namely: the development and implementation of technologies and equipment for use in Arctic conditions, the improvement of the environmental monitoring system, the use of modern information and communication technologies and communication systems for measurements from satellites, marine and ice platforms, research vessels, ground points and from observatories. These problems and tasks are already being successfully solved abroad with the help of the development of modern systems and

devices used as part of marine robotic complexes (MRTC). This article provides a comprehensive analysis of the use of autonomous unmanned underwater vehicles (AUVs) as part of underwater resident systems. Particular attention is paid to the projects already implemented in the external market in the oil and gas industry. The authors present the implemented developments in the field of marine resident robotics in the Russian Federation. In conclusion, the authors formulated proposals for the development of the direction of marine robotics, including for solving problems associated with long-term monitoring and operation of the bottom oil and gas infrastructure.

## Key words

Marine robotic complexes, AUV, resident robotics, seabed stations, underwater service work, underwater monitoring.

## Введение

Необходимость развития отечественной морской робототехники обусловлена не только интенсивным развитием Арктического региона, но и наличием целого ряда существенных проблем в морской отрасли, связанных с:

- освоением Мирового океана и поиском новых месторождений углеводородов. Существующая отечественная научно-техническая база разработок недостаточно развита, необходима проработка новых методов и средств поиска, разведки и добычи полезных ископаемых на дальнем шельфе;

- развитием морских научных исследований. На данный момент в РФ, как это было отмечено в стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 года, отсутствуют научно-технические средства нового поколения, которые бы позволяли производить качественный анализ морской среды;

- недостаточным развитием российских океанографических автоматических и автономных средств измерений – дрейфующих буюв, притопленных буйковых станций, подводных роботов (глайдеров). Как следствие, недостаточное развитие исследований океанических процессов как физической основы совершенствования и создания новых методов расчета, диагноза и прогноза состояния океана в широком спектре пространственных и временных масштабов;

- недостаточная оснащённость объектов морской инфраструктуры и прилегающих к ним акваторий современными отечественными техническими

средствами охраны и физической защиты, в т.ч. с применением подводных робототехнических комплексов, для предупреждения и пресечения террористических и диверсионных действий, иных актов незаконного вмешательства в их функционирование;

- низкой оснащённостью надзорных органов (МЧС) современными специализированными судами и техническими средствами для эффективного осуществления государственного экологического надзора, предупреждения и ликвидации последствий загрязнения морской среды. В том числе системами, позволяющими проводить инспекции и мониторинг подводных потенциально опасных объектов.

Описанные проблемы не новы с точки зрения актуальности. Зарубежные ученые и разработчики приступили к их решению на рубеже 2005-2010 года и уже достигли немалых успехов в решении задач долгосрочных работ на донных инфраструктурах при помощи подводных МРТК, в том числе резидентных систем.

## Применение морских робототехнических систем постоянного базирования

Постепенное истощение существующих мест добычи полезных ископаемых неизбежно приводит к необходимости исследования новых месторождений, которые, как правило, находятся все дальше от берега [1-3]. На рисунке 1 представлены проекты существующих нефтедобывающих платформ, период их введения в эксплуатацию и рабочие глубины.

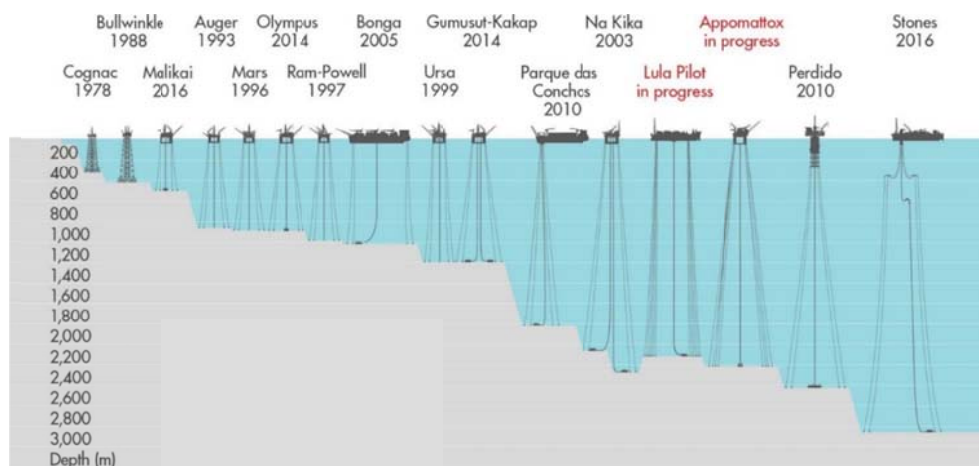


Рисунок 1 — Тенденция выхода нефтегазовой отрасли на глубокий шельф  
Figure 1 — The trend of the oil and gas industry to enter the deep shelf



Рисунок 2 — Выполнение подводных работ при помощи ТНПА

Figure 2 — Performing underwater work using a remote-controlled uninhabited underwater vehicle

Некоторые из работ могут быть выполнены при помощи водолазов, однако глубина работ зависит от местного законодательства и / или практики (например, в Северной Европе глубина работы водолазов не должна превышать 200 м). Очевидно, представленные на рисунке 1 глубины, уже являются недопустимыми, поэтому работы такого рода проводятся с учетом применения телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА).

При помощи ТНПА оператор может выполнять мониторинг состояния подводной конструкции, осуществлять сервисные работы и ремонтные работы оборудования [4, 5]. Пример использования ТНПА компании Oceaneering [6, 7] представлен на рисунке 2.

ТНПА сегодня находят широкое применение в нефтегазовой отрасли, особенно на местах подводных месторождений. В мировой практике использование ПДК [8] нашло широкое применение; к 2016г. уже насчитывалось более 130 морских месторождений, где применялись подводные технологии добычи углеводородов. Эта технология (ПДК) основывается на системе подводного закачивания скважин, устья которых располагаются на морском дне. Например, на шельфе Норвегии внедрены технологии подводной добычи на месторождениях Снэвит и Ормен Ланге. Пример ПДК от компании Statoil [9, 10] представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 — ПДК компании Statoil

Figure 3 — The Statoil underwater mining complex

В РФ на данный момент существует единственное месторождение, на котором применяются система ПДК – Киринское месторождение [11, 12] (см. рис. 4). Для управления шиберной задвижкой применяется ручной привод с интерфейсом ТНПА, обеспе-

чивающий возможность закрытия-открытия при помощи глубоководного аппарата.



Рисунок 4 — Подводные технологии добычи полезных ископаемых на Киринском месторождении

Figure 4 — Underwater mining technologies at the Kirinskoye field

Как правило, применение ТНПА несет за собой большие экономические издержки, связанные с арендой рабочего судна, обеспечения постоянного проведения спускоподъемных работ (во время которых высока вероятность повреждения аппарата), и опасностями, связанными с возможностью повреждения связующего кабеля. Для решения данной проблемы и повышением срока нахождения аппарата на дне рабочей акватории, традиционные ТНПА приобрели новый виток своего развития, что стало результатом развития сферы подводной резидентной робототехники и старту проектов донных обсерваторий.

### Современные тренды развития резидентной робототехники и донных обсерваторий

Подводные резидентные системы являются одним из наиболее развивающихся и востребованных направлений морской робототехники в мире [13-15]. Основной задачей подводных резидентных систем является разработка интервенционных аппаратов, отличающихся своей многофункциональностью и высоким уровнем интеллектуализации, а также целый ряд сопутствующих технологий, обеспечивающих процесс функционирования аппарата в экстремальной морской среде.

Целый ряд зарубежных компаний ведут интенсивную работу в области проектирования и применения подводных резидентных аппаратов [16, 17]. Некоторые из разработанных резидентных систем уже успешно применяются в нефтегазовой отрасли за рубежом (см. рис.5).

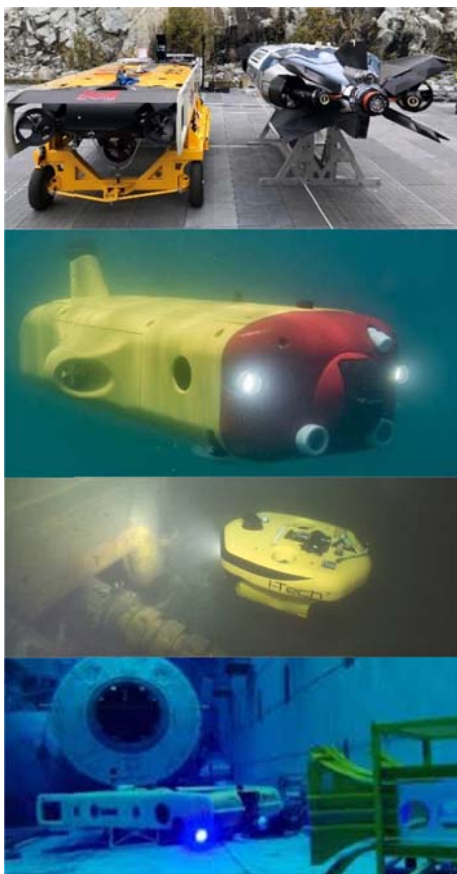


Рисунок 5 — Интервенционные АНПА резидентного базирования компании Oceaneering (Freedom)/ German Research Center for Artificial Intelligence (FlatFish) / IKM Subsea & Technology (i-Tech) / Saab Seaeeye (Sabertooth)

Figure 5 — Interventional AUVs of the resident-based company Oceaneering (Freedom)/ German Research Center for Artificial Intelligence (FlatFish) / IKM Subsea & Technology (i-Tech) / Saab Seaeeye (Sabertooth)

Наличие донных станций для резидентных аппаратов является необходимым фактором, расширяющим имеющийся функционал и увеличивающим потенциал от применения данных АНПА. Донные базовые станции это:

- основные элементы глобальных информационных сетевых структур для исследования и наблюдения за Мировым океаном в различных целях.
  - платформы-носители приборных систем и комплексов (т.е. способны вести исследования и мониторинг непосредственного окружения в режиме реального времени),
  - силовые и информационные узлы для подводной техники различных типов, в т.ч. автономных необитаемых аппаратов, подводных глайдеров и т.д.
- Большинство станций имеет собственный приборный отсек с процессинговым модулем, высокоскоростной канал цифровой проводной связи с береговым центром управления, разъемы электропитания (для подключения и подзарядки различных типов аппаратов) и т.д.

Примером применения донных станций являются проекты «Neptune» и «Venus» [18], изображенные на рис. 6.

- станции работают с 2006 г, в 2012 г подняты, обслужены и установлены на место;
- глубины первой инсталляции 100-120 м, удаление от берега 3-10 км;
- 3 кВт питание для подводных лабораторий, доковых станций АНПА и ТНПА, 3 информационных станции (на каждой 8 портов для сенсоров и 6 портов для инструмента (гидроакустические и оптические средства подводного обнаружения);
- в 2007 проект расширен (VENUS SoG), установлено 2 силовых и 4 информационных станции, глубины до 250 м;
- удаление от берега до 100 км.

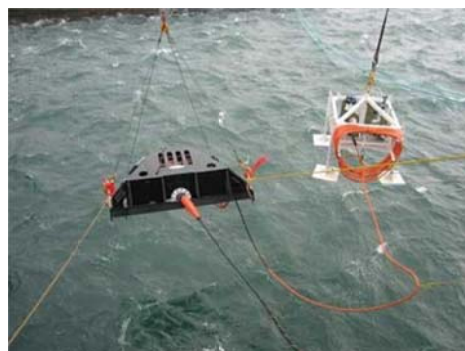
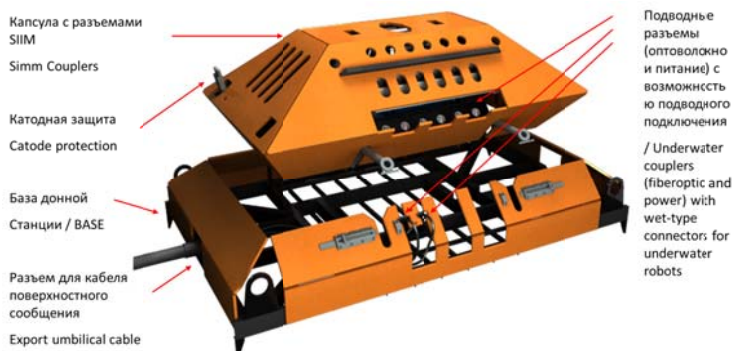


Рисунок 6 — Донные станции проекта «Neptune»

Figure 6 — Seabed stations of «Neptune» project

### Современные отечественные проекты подводной резидентной робототехники

На данный момент в РФ ведется подробное обсуждение вопроса развития подводной робототехники и сопутствующих технологий. Программы инновационного развития ПАО «Газпром» имеют соответствующие пункты, подтверждающие необходимость разработки и внедрения технологий «освоения нефтегазовых объектов на шельфе с использованием подводных добычных систем» и «подводных робототехнических комплексов для контроля технического состояния объектов обустройства морских месторождений».

С 2018 года кооперации научных предприятий АО НПП ПТ «Океанос», ООО «Световые системы», АО «Зеленоградский инновационно-технологический центр» и СПбГМТУ занимаются разработкой первого отечественного демонстратора технологии легкого интервенционного АНПА [14, 15], изображенного на рисунке 7.

Данный аппарат является гибридным [19]. Разработанный демонстратор АНПА имеет несколько режимов для перемещения в пространстве (традиционный и глайдерный). Интегрированный подводный манипуляторный комплекс позволяет в автоматизированном и автономном режиме выполнять многочисленные операции необходимые для обслуживания ПДК, системы стабилизации, технического зрения и беспроводной передачи информации расширяют функциональные возможности аппарата и существенно упрощают работу оператора.

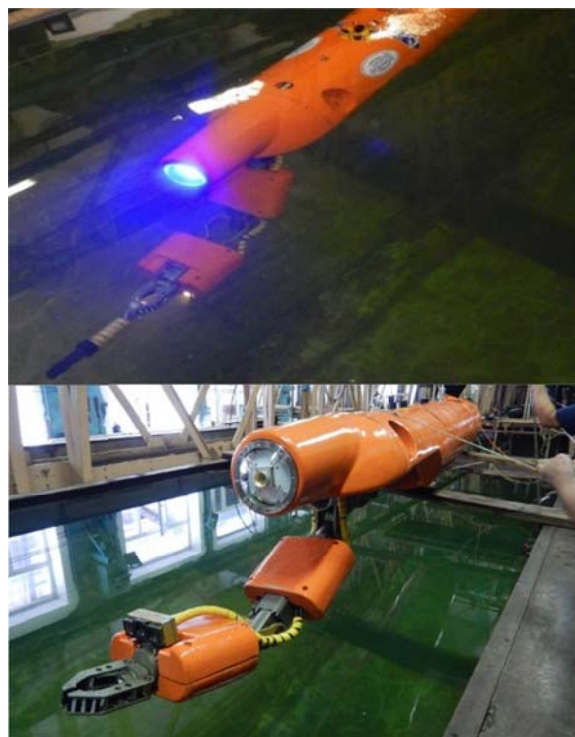


Рисунок 7 — Отечественный демонстратор легкого интервенционного АНПА

Figure 7 — Domestic demonstrator of a light interventional AUV

Разработка данного демонстратора лежит в общем плане работ по разработке единой комплексной системы океанологической обсерватории, которая включает в себя использование групп разнородных РТК и донных многофункциональных океанографических обсерваторий [20], представленных на рисунке 8.

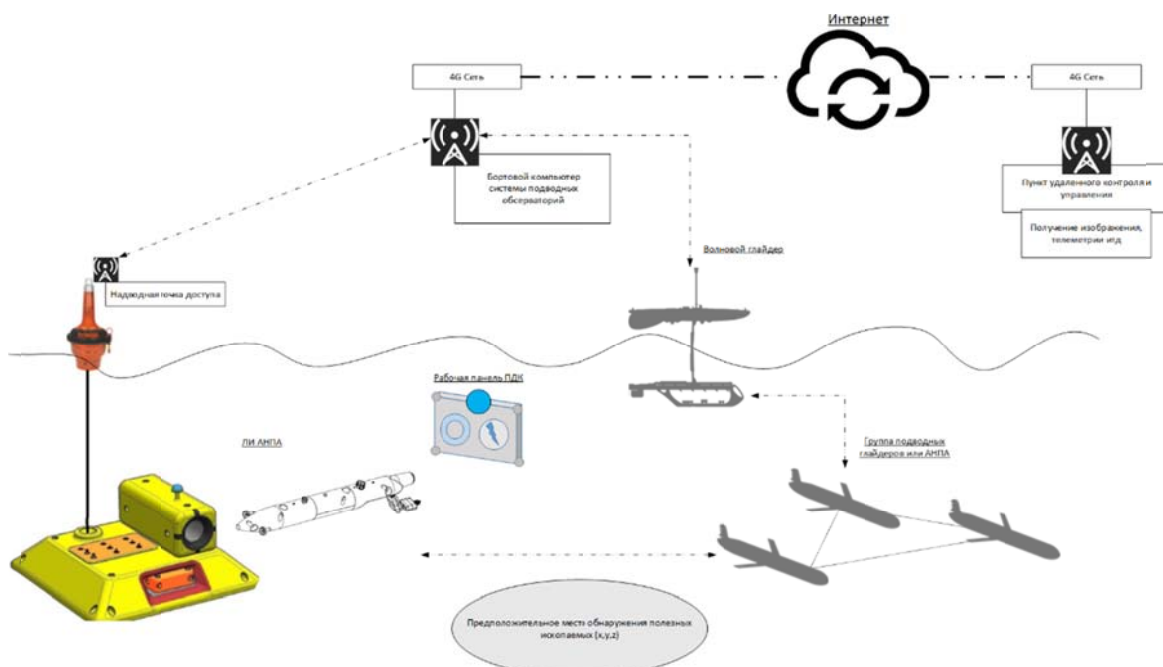


Рисунок 8 — Работа гетерогенных групп АНПА с сопряженной системой удаленного контроля и управления при использовании стационарного донного и надводного шлюзов-ретрансляторов

Figure 8 — Operation of heterogeneous groups of AUVs with an associated remote monitoring and control system using stationary bottom and surface relay gateways

На наземном пункте удалённого контроля и управления осуществляются работы по диагностике систем аппаратов, находящихся в док станции, анализируются данные выполненных миссии, формируется база данных полученной информации. Ведётся контроль информации от приборной базы океанографических обсерваторий и данных мониторинга и проверок состояния ПДК, получение данных телеметрии групп аппаратов, находящихся в процессе выполнения поставленных задач. Еще одним важным моментом пункта контроля и управления является возможность осуществления прямого удаленного управления аппаратом в случае выполнения сервисных работ манипуляторным комплексом в районе ПДК или выполнения задачи стыковки аппарата с доковой станцией. Для этого была реализована система удаленного контроля и управления на основе системы дальней связи Lora.



Рисунок 9 — Совместные испытания МЧС и АО НПП ПТ «Океанос» по отработке удаленного контроля и управления ТНПА Н-300  
Figure 9 — Joint tests of the Ministry of Emergency Situations and AO NPP PT «Okeanos» for the development of remote control and management of remote-controlled uninhabited underwater vehicle H-300

Практическая работа системы связи была успешно апробирована в процессе проведения натурального эксперимента по удаленному управлению ТНПА в целях мониторинга подводных потенциально опасных объектов (ППОО). В рамках испытания блок управления и оператор ТНПА располагались на береговом пункте, а спускоподъемная система ТНПА находилась на малогабаритном судне, находящемся в 150 м от берега. Благодаря разработанной системе

было выполнено успешное дистанционное управление ТНПА, получена вся сервисная информация с телеметрии аппарата. Натурные иллюстрации с эксперимента приведены на рисунке 9.

## Заключение

Развитие области морской робототехники в РФ ни у кого не вызывает сомнений. Целый ряд нерешенных проблем и крайняя необходимость расширения функциональных возможностей уже имеющихся технологий неизбежно приведет к росту и спросу интеллектуальных подводных робототехнических систем. Проведенный анализ показал, что в РФ имеется целый ряд документов, содержание которых направлено на разработку и реализацию проектов, которые смогли бы удовлетворить потребность нефтегазовой отрасли в применении МРТК. В то же время в применении резидентных технологий нуждаются центральные исследовательские организации, ответственные за исследование, мониторинг и наблюдение территориальных акваторий РФ. Параллельно с нефтегазовым направлением резидентные технологии могут быть востребованы и в службах МЧС. Применение резидентных технологий является технически и экономически более эффективной альтернативой буксируемым или телеуправляемым робототехническим комплексам.

Предложенный концепт-проект донной многофункциональной океанографической обсерватории с базированием резидентной робототехники и сменными роботизированными энергетическими модулями позволит обеспечить решение проблемы круглогодичного мониторинга океанологических и экологических задач и круглогодичной эксплуатации донной нефтегазовой инфраструктуры в условиях ледовой обстановки Арктического региона, а также в свете снижения операционных расходов на подобные работы и вне Арктического региона будет востребован и на внешнем рынке. А разработанная система удаленного контроля и управления позволит сократить затраты на выполнение мониторинговых и сервисных работ.

## Литература

1. Dmitrieva, D. Sustainable Development of Oil and Gas Potential of the Arctic and Its Shelf Zone: The Role of Innovations. / D. Dmitrieva, N. Romasheva. // Marine Science and Engineering. — 2020. — № 8(12), 1003. — URL: <https://doi.org/10.3390/jmse8121003> (accessed 19.02.2022). — Text : electronic.
2. Declining Arctic Ocean oil and gas developments: Opportunities to improve governance and environmental pollution control / S. Gulas, M. Downton, K. D'Souza [et al] // Marine Policy. — 2017. — vol. 75. — P. 53-61. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.10.014> (accessed 19.02.2022). — Text : electronic.
3. Лушников, Д. Л. Морские роботизированные системы для освоения шельфа / Д. Л. Лушников // Газовая промышленность. Спецвыпуск. 2020. — № 2 /802. — С. 162-171. — Текст : непосредственный.
4. Sivčev, S. Fully automatic visual servoing control for work-class marine intervention ROVs / S. Sivčev, M. Rossi, J. Coleman // Control Engineering Practice. — 2018. — vol. 74. — P. 153-167 — Text : unmediated.
5. Vision based autonomous docking for work class ROVs / P. Trsljic, M. Rossi, L. Robinson [et al]// Ocean Engineering. — 2020. — vol. 196. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106840> (accessed 19.02.2022). — Text : elec-

tronic.

6. Bourgois, A. Safe & collaborative autonomous underwater docking. : специальность «robot technology» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Bourgois, A ; Lab-STICC. — Brest, 21. — 182 с. — Текст : непосредственный.

7. Subsea inspections // Oceaneering : [сайт]. — URL: <https://www.oceaneering.com/asset-integrity/in-service-inspection/subsea-inspection/> (accessed 19.01.2022). — Text : electronic.

8. Подводный добычной комплекс // ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск» : [сайт]. — URL: <https://sahalin-shelf-dobycha.gazprom.ru/about/technologies/pdk/> (дата обращения: 24.02.2022). — Текст : электронный.

9. Dupre, R. Statoil's subsea factory tackles the power source hurdle / Dupre Robin// Offshore : [site]. — URL: <https://www.offshore-mag.com/subsea/article/16758571/statoils-subsea-factory-tackles-the-power-source-hurdle> (accessed 19.01.2022). — Text : electronic.

10. Invisible platforms // Equinor : [site]. — URL: <https://www.equinor.com/en/magazine/the-final-frontier.html> (accessed 19.01.2022). — Text : electronic.

11. На Кирином месторождении добыто пять миллиардов кубометров газа. — Текст : электронный // Газпром : [сайт]. — URL: <https://www.gazprom.ru/about/subsidiaries/news/2021/may/article528799/> (дата обращения: 24.02.2022). — Текст : электронный.

12. Хакимов, А. Г. Подводные добывающие комплексы / А. Г. Хакимов, А. Н. Вихарев // StudNet. — 2021. — № 2. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podvodnye-dobvyayuschie-kompleksy> (дата обращения: 24.02.2022). — Текст : электронный.

13. Маевский, А. М. Разработка легкого интервенционного автономного необитаемого подводного аппарата в целях использования в подводных резидентных системах / А. М. Маевский, Б. А. Гайкович // Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции и X молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». — Таганрог : ЮФУ, 2019. — С. 83-98. — Текст : непосредственный.

14. Занин, В. Ю. Разработка элементов подводных робототехнических резидентных систем на примере отечественного автономного необитаемого подводного аппарата интервенционного класса и сопутствующих технологий / В. Ю. Занин, А. М. Маевский // Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции и X молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». — Москва : Министерство энергетики Российской Федерации, ООО «Технодевелоп», 2019. — С. 14–22. — Текст : непосредственный.

15. Маевский, А. М. Разработка морских робототехнических комплексов с перспективой применения в качестве резидентной робототехники, на примере проектной работы по разработке линейки АНПА «Глайдер – Гибридный Глайдер – I-AUV» / А. М. Маевский, Б. А. Гайкович // Комплексные исследования Мирового океана. Материалы IV Всероссийской научной конференции молодых ученых. — 2019. — С. 395-398. — URL: [http://mhi-gas.ru/news/news\\_201904151055.html](http://mhi-gas.ru/news/news_201904151055.html) (дата обращения: 24.02.2022). — Текст : электронный.

16. Resident autonomous underwater vehicle: Underwater system for prolonged and continuous monitoring based at a seafloor station / T. Matsuda, T. Maki, K. Masuda [et al] // Robotics and Autonomous Systems. 2019. — vol. 120. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.07.001> (accessed 19.02.2022). — Text : electronic.

17. Intervention AUVs: The Next Challenge / P. Ridaou, M. Carreras, D. Ribas [et al] // IFAC Proceedings Volumes. — 2014. — vol. 47. — № 3. — P. 12146-12159. — URL: <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.02819> (accessed 19.01.2022). — Text : electronic.

18. Report of the Resident AUV Workshop / J. R. Delaney, D. A. Manalang, A. Marburg [et al] // Technical Report, Applied Physics Laboratory, University of Washington, Seattle, 2020, 84 P. — URL: [https://apl.uw.edu/research/downloads/publications/tr\\_1901.pdf](https://apl.uw.edu/research/downloads/publications/tr_1901.pdf) (accessed 19.02.2022). — Text : electronic.

19. Маевский, А. М. Разработка гибридных автономных необитаемых аппаратов для исследования месторождений углеводородов / А. М. Маевский, Б. А. Гайкович // Вести газовой науки. 2019. — № 2 (39). — С. 29-40. — Текст : непосредственный.

20. Разработка схем применения и систем управления гетерогенными группами морских роботов / А. М. Маевский, В. Ю. Занин, И. В. Кожемякин, В. А. Рыжов // Сборник тезисов 31-ой международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», 2020. — С. 171-173. — URL: [https://er.rtc.ru/images/docs/2020/Abstracts\\_ER-15-07-2020f.pdf](https://er.rtc.ru/images/docs/2020/Abstracts_ER-15-07-2020f.pdf) (дата обращения: 24.02.2022). — Текст : электронный.

## References

1 Dmitrieva, D. and Romasheva, N., 2020. Sustainable Development of Oil and Gas Potential of the Arctic and Its Shelf Zone: The Role of Innovations. *Marine Science and Engineering*, 8(12), 1003. DOI: 10.3390/jmse8121003.

2 Gulas, S. et al., 2017. Declining Arctic Ocean oil and gas developments: Opportunities to improve governance and environmental pollution control. *Marine Policy*, 75, pp.53-61. DOI: 10.1016/j.marpol.2016.10.014.

3 Lushnikov, D. L., 2020. Morskie robotizirovannyye sistemy dlya osvoeniya shelfa [Marine robotic systems for shelf development]. *Gazovaya promyshlennost'. Spetsvypusk [Gas Industry. Special Issue]*, 2(802), pp.162-171. (in Russian).

4 Sivčev, S., Rossi, M. and Coleman, J., 2018. Fully automatic visual servoing control for work-class marine intervention ROVs. *Control Engineering Practice*, 74, pp.153-167.

5 Trslic, P. et al., 2020. Vision based autonomous docking for work class ROVs. *Ocean Engineering*, 196. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.106840.

6 Bourgois, A., 2021. *Safe & Collaborative Autonomous Underwater Docking*. P.182.

7 Oceaneering, u.d. *Subsea inspections*. Available at: <<https://www.oceaneering.com/asset-integrity/in-service-inspection/subsea-inspection/>> (Accessed 19 January 2022).

8 ООО Gazprom Dobycha Shelf Yuzhno-Sakhalinsk, u.d. *Subsea production complex*. Available at: <<https://sahalin-shelf-dobycha.gazprom.ru/about/technologies/pdk/>> (Accessed 24 January 2022).

9 Dupre, R., 2015. *Statoil's subsea factory tackles the power source hurdle*. Available at: <<https://www.offshore-mag.com/subsea/article/16758571/statoils-subsea-factory-tackles-the-power-source-hurdle>> (Accessed 19 January 2022).

10 Equinor, u.d. *Invisible platforms*. Available at: <https://www.equinor.com/en/magazine/the-final-frontier.html> (Accessed 19 January 2022).

11 Gazprom, u.d. *Five billion cubic meters of gas produced at the Kirinskoye field*. Available at: <<https://www.gazprom.ru/about/subsidiaries/news/2021/may/article528799/>> (Accessed 24 January 2022).

12 Khakimov, A.G. and Vikharev, A.N., 2021. Podvodnye dobyvayushchie komplekсы [Subsea mining complexes]. *StudNet*, 2. (in Russian).

13 Maevsky, A. M. and Gaikovich, B. A., 2019. Razrabotka legkogo interventsionnogo avtonomnogo neobitaemogo podvodnogo apparata v tselyakh ispol'zovaniya v podvodnykh rezidentnykh sistemakh [Development of a light interventional autonomous uninhabited underwater vehicle for use in underwater residential systems]. In: *Materialy XIV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii i X molodezhnoy shkoly-seminara «Upravlenie i obrabotka informatsii v tekhnicheskikh sistemakh» [Materials of the XIV All-Russian scientific-practical conference and the X youth school-seminar on Control and processing of information in technical systems]*, pp.83-98. (in Russian).

14 Zanin, V. Yu. and Maevsky, A. M., 2019. Razrabotka elementov podvodnykh robototekhnicheskikh rezidentnykh sistem na primere otechestvennogo avtonomnogo neobitaemogo podvodnogo apparata interventsionnogo klassa i sopushtvuyushchikh tekhnologiy [Development of elements of underwater robotic resident systems on the example of a domestic autonomous uninhabited underwater vehicle of an intervention class and related technologies]. In: *Materialy XIV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii i X molodezhnoy shkoly-seminara «Upravlenie i obrabotka informatsii v tekhnicheskikh sistemakh» [Materials of the XIV All-Russian scientific-practical conference and the X youth school-seminar on Control and processing of information in technical systems]*, pp.14-22. (in Russian).

15 Maevsky, A. M. and Gaikovich, B. A., 2019. Razrabotka morskikh robototekhnicheskikh kompleksov s perspektivoy primeneniya v kachestve rezidentnoy robototekhniki, na primere proektnoy raboty po razrabotke lineyki ANPA «Glayder – Gibridnyy Glayder – I-AUV» [Development of marine robotic systems with the prospect of being used as resident robotics, on the example of design work on the development of the AUV line "Glider - Hybrid Glider - I-AUV"]. In: *Kompleksnyye issledovaniya Mirovogo okeana. Materialy IV Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh [Integrated Research of the World Ocean. Materials of the IV All-Russian Scientific Conference of Young Scientists]*, pp.395-398. (in Russian).

16 Matsuda, T. et al., 2019. Resident autonomous underwater vehicle: Underwater system for prolonged and continuous monitoring based at a seafloor station. *Robotics and Autonomous Systems*, 120. DOI: 10.1016/j.robot.2019.07.001.

17 Ridao, P. et al., 2014. Intervention AUVs: The Next Challenge. In: *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), pp.12146-12159. DOI: 10.3182/20140824-6-ZA-1003.02819.

18 Delaney, J.R., 2020. *Report of the Resident AUV Workshop*. USA, Seattle: Applied Physics Laboratory, University of Washington, p. 84.

19 Maevsky, A. M. and Gaikovich, B. A., 2019. Razrabotka gibridnykh avtonomnykh neobitaemykh apparatov dlya issledovaniya mestorozhdeniy uglevodorodov [Development of hybrid autonomous uninhabited vehicles for the exploration of hydrocarbon deposits]. *Vesti gazovoy nauki [News of gas science]*, 2(39), pp.29-40. (in Russian).

20 Maevsky, A. M. et al., 2020. Razrabotka skhem primeneniya i sistem upravleniya geterogennymi gruppami morskikh robotov [Development of application schemes and control systems for heterogeneous groups of marine robots]. In:



*Sbornik tezisov 31-oy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Ekstremal'naya robototekhnika» [Collection of abstracts of the 31st International Scientific and Technical Conference on Extreme Robotics], pp.171-173. (in Russian).*

### Информация об авторах

**Маевский Андрей Михайлович**, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ), руководитель отдела морской робототехники, 190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3, тел.: +7(981)786-98-79, maevskiy\_andrey@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0985-1851

**Занин Владислав Юрьевич**, АО НПП ПТ «Океанос», советник генерального директора, 194295, Санкт-Петербург, ул. Есенина, д. 19/2, mfutkflot@gmail.com

**Кожемякин Игорь Владиленович**, СПбГМТУ, Управление оборонных исследований и разработок, начальник УОИР, 190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3, тел.: +7(812)714-68-22

### Information about the authors

**Andrey M. Maevsky**, State Marine Technical University (SMTU), Department of Marine Robotics, Head of Department, 3, Lotsmanskaya ul., Saint Petersburg, 190121, Russia, tel.: +7(981)786-98-79, maevskiy\_andrey@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0985-1851

**Vladislav Yu. Zanin**, OCEANOS JSC, Advisor to the General Director, 19/2, Esenina ul., Saint Petersburg, 194295, Russia, mfutkflot@gmail.com

**Igor V. Kozhemyakin**, SMTU, Head Office of Defense Research and Development, 3, Lotsmanskaya ul., Saint Petersburg, 190121, Russia, tel.: +7(812)714-68-22