

# РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА

**Шепелев Алексей Андреевич**, заместитель начальника отдела инженерных изысканий АО «МАГЭ», alexsey.shepelev@mage.ru

**Казанин Алексей Геннадьевич**, канд. техн. наук, д-р экон. наук, генеральный директор АО «МАГЭ», info@mage.ru

**Базилевич Сергей Олегович**, начальник отдела морской сейсморазведки АО «МАГЭ», sergey.bazilevich@mage.ru

**Жилин Федор Евгеньевич**, заместитель генерального директора АО «МАГЭ», jilin.fe@mage.ru

## Аннотация:

В статье рассматриваются два ключевых направления повышения эффективности освоения углеводородного потенциала континентального шельфа России: применение беспилотных надводных мобильных комплексов (БНМК) и внедрение сейсморазведочного мониторинга (4D) с использованием донных станций. Представлен опыт разработки и испытаний отечественного БНМК «Калан», а также результаты применения донных сейсмических систем «Краб» для мониторинга разработки месторождений. Показано, что сочетание этих технологий позволяет существенно снизить затраты, повысить безопасность и оперативность работ, а также обеспечить технологический суверенитет в условиях импортозамещения.

**Ключевые слова:** континентальный шельф, импортозамещение, беспилотные технологии, БНМК «Калан», сейсморазведка 4D, донные станции «Краб», мониторинг разработки, экологическая безопасность, эффективность.

## ВВЕДЕНИЕ

Освоение месторождений континентального шельфа, особенно в арктических морях и на шельфе о. Сахалин, сопряжено с комплексом технологических и экономических вызовов. Санкционное давление и ограничение доступа к зарубежным технологиям обострили необходимость разработки и внедрения конкурентоспособных отечественных решений. Двумя наиболее перспективными ответами на эти вызовы являются развитие беспилотных систем для полевых работ и внедрение высокоточного сейсморазведочного мониторинга для управления добычей [1,2].

## БЕСПИЛОТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: МОБИЛЬНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Одним из прорывных отечественных проектов в области морских геологоразведочных работ является беспилотный надводный мобильный комплекс (БНМК) «Калан», разработанный АО «МАГЭ». Аппарат представляет собой катамаран, способный работать в сложных погодных условиях, включая арктические регионы.

### Технические характеристики БНМК «Калан»:

- **Габариты:** 400 × 225 × 75 см
- **Вес:** 193 кг (с АКБ)
- **Двигатели:** 4 × 1,7 кВт
- **Скорость:** крейсерская — 12 км/ч, макс. — 18 км/ч
- **Рабочая температура:** от -10°C до +40°C
- **Навигация:** GPS/GLONASS

Комплекс оснащен системой гидроакустического позиционирования, что позволяет точно опре-

делять местоположение донного оборудования. Функционал включает запуск в заданную точку, непрерывное позиционирование, сбор данных сенсорами и передачу информации в режиме, близком к реальному времени.



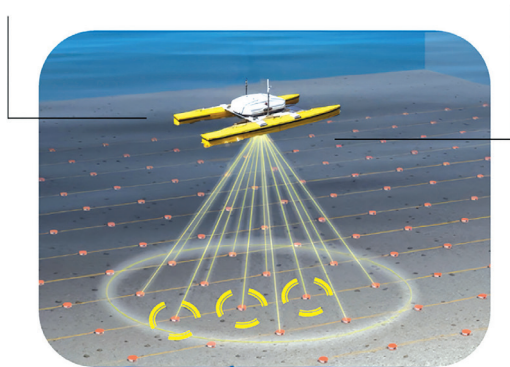
БНМК «Калан»

### Ключевые преимущества БНМК:

1. **Снижение затрат:** Минимизируется потребность в дорогостоящих судах поддержки и крупных экипажах.
2. **Повышение безопасности:** Дистанционное управление исключает риски для персонала.
3. **Адаптивность:** Модульная конструкция позволяет гибко настраивать аппарат под конкретные задачи.
4. **Экологичность:** Снижение уровня шума и минимизация воздействия на морские экосистемы.

БНМК «Калан» — Пингеровщик

Антенна-излучатель

Приемные модули  
с маяками-ответчиками

БНМК «Калан»

Приемочные испытания, проведенные в 2024 году, подтвердили устойчивость аппарата на волнении до 3 баллов, надежность работы автопилота и систем связи. В перспективе на базе «Калана» планируется развернуть автономную систему гидроакустического позиционирования для сейсморазведочных работ.

### СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫЙ МОНИТОРИНГ: ТОЧНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ

Параллельно с развитием полевых инструментов критически важным является внедрение технологий контроля за разработкой месторождений. Сейсморазведочный мониторинг пластовых систем (4D) представляет собой серию временно разнесенных 3D-сейсмических исследований. Сопоставление их результатов позволяет анализировать динамику физических процессов в пласте: движение флюидов, изменение давления и насыщенности [3-5].

#### Основные задачи 4D-мониторинга:

- Уточнение положения водонефтяного и газовой контактных.
- Контроль изменения пластового давления.
- Оптимизация геологических и гидродинамических моделей.
- Выявление зон обводненности.

Наилучшие результаты достигаются при использовании донных сейсмических систем (ОВН), таких как отечественный комплекс «Краб». Они регистрируют не только продольные (РР), но и поперечные (PS) волны, что значительно расширяет детальность исследований.

Опытно-методические работы, выполненные АО «МАГЭ» в 2021 году на Южно-Кирином месторождении, продемонстрировали, что данные с донных станций «КРАБ» по качеству и точности превосходят данные, полученные с буксируемых кос, и не уступают зарубежным аналогам. Это позволило в 2022 году приступить к постановке базовой 3D/4D съемки на Кирином и Южно-Кирином месторождениях, которая будет завершена в 2025 году и станет основой для долгосрочного мониторинга.



Комплекс «Краб»

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ: СИНЕРГИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Развитие беспилотных аппаратов, подобных БНМК «Калан», и внедрение высокоточной системы сейсмического мониторинга на базе донных станций «КРАБ» представляют собой стратегический дуэт технологий для освоения шельфа.

Беспилотные комплексы обеспечивают оперативность, мобильность и экономическую эффективность на этапе сбора данных. В свою очередь, 4D-мониторинг предоставляет уникальную информацию для управления разработкой, позволяя максимизировать нефтеотдачу и минимизировать риски.

В условиях текущих геополитических реалий успешная апробация и внедрение этих отечественных разработок доказывают возможность достижения технологической независимости в области морских геологоразведочных работ. Дальнейшие инвестиции в эти направления, а также в развитие нормативной базы и подготовку кадров, заложат прочный фундамент для устойчивого и эффективного освоения ресурсов континентального шельфа Российской Федерации.

#### ЛИТЕРАТУРА

Казанин А.Г., Базилевич С.О., Куома Д.Г. и др. Инновационный цифровой сейсмический комплекс морской сейсморазведки «Краб» // Нефть. Газ. Новации. – 2021. – № 12(253). – С. 28-35.

Казанин А.Г., Базилевич С.О., Куома Д.Г. и др. Применение инновационного комплекса сейсмических регистраторов «Краб» на действующих месторождениях шельфа России // Нефть. Газ. Новации. – 2022. – № 4(257). – С. 34-39.

Казанин А.Г., Шепелев А.А., Базилевич С.О., Жилин Ф.Е. Применение донного оборудования при выполнении сейсморазведочного мониторинга 3D (4C) на шельфе Охотского моря // Актуальные проблемы нефти и газа. – М.: ИПНГ РАН, 2023. – С. 142-143.

Петров Б.Е., Хитров С.С., Ромакин В.А. и др. Гидроакустическая система позиционирования и передачи данных для целей сейсморазведки на континентальном шельфе // Газовая промышленность. – 2024. – № 5(865). – С. 42-48.

Хоштария В.Н., Рыбин Н.А., Кожухов Д.В. и др. Современные российские технологии проведения сейсморазведочных работ 4D/4C на участках шельфа о-ва Сахалин // Газовая промышленность. – 2023. – № 5(848). – С. 24-32.



## РОССИЙСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ НПА

Среди наиболее известных российских НПА гражданского назначения следует выделить продвигаемые по линии структур Национальной технологической инициативы (НТИ):

- «Марлин-350» и «Финвал 50К М2» компании «Тетис Про»;
- «Спрут», разработанный специалистами «Политех»;
- «Херсонес» компании «РобоКоп»;
- «Глаз-Стерио» компании «Гидроскан»;
- «Гном Х» компании «Подводная робототехника».

Заслуживают внимания появившееся в последнее время многочисленные проекты беспилотных надводных судов – носителей подводных необитаемых аппаратов.

В ближайшее время, аналогично тому, как это произошло за минувшие три года с воздушными FPV-дронами, можно ожидать лавинообразный рост новых низкобюджетных технологических решений для широкого использования при создании различных классов подводных дронов.

В качестве примера подобных новых решений можно привести проект модульного унифицированного ТНПА, реализуемый в рамках работы студенческого научного общества НИЯУ МИФИ (руководитель проекта – Е. В. Поганов). Комплектующие ТНПА, по большей части, унифицированы с FPV-дронами (рисунок 5).

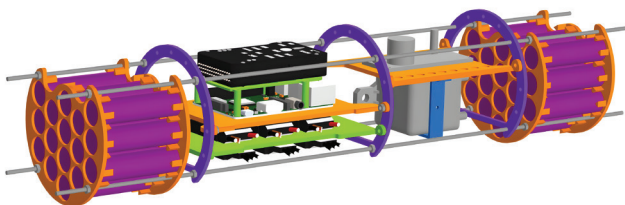


Рисунок 5 – Внешний вид универсального аппаратного отсека подводного дрона НИЯУ МИФИ

## ПРОЕКТ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ

Параллельно с разработкой модульного унифицированного ТНПА, в МИФИ реализуется проект «Сетецентрическая система для мониторинга и обеспечения безопасности подводной инфраструктуры РФ».

Работа представляет собой актуальную и амбициозную инициативу, направленную на интеграцию гетерогенных робототехнических комплексов различной среды действия (БПЛА, наземных мобильных платформ, надводных беспилотников, необитаемых подводных аппаратов/НПА, а также многосредных систем) в единый сетецентрический контур мониторинга и защиты критически важной подводной инфраструктуры России.

Использование разных классов робототехнических средств обеспечивает комплексное покрытие:

- БПЛА – оперативная разведка и ретрансляция связи;
- наземные средства – управление береговой инфраструктурой и защитой пунктов выхода;
- надводные – патрулирование акваторий и взаимодействие с НПА;
- подводные – непосредственный контроль кабелей, трубопроводов, энергетических линий и т.п.;
- многосредные аппараты – быстрая адаптация к различным сценариям применения и новым угрозам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безопасность морской инфраструктуры всё чаще зависит от применения необитаемых подводных аппаратов. Они позволяют не только выполнять диагностику и ремонт, но и формировать проактивную систему защиты. Мировой опыт показывает, что НПА становятся ключевым элементом как промышленной эксплуатации, так и национальной безопасности. В будущем их комплексное применение в связке с беспилотными надводными платформами и системами ИИ станет новым стандартом защиты морской инфраструктуры.

## ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ Р 56960-2016 Аппараты необитаемые подводные. Классификация.

Борейко А. А., Илларионов Г. Ю. Разработка автономных необитаемых подводных аппаратов большого и сверхбольшого водоизмещения в иностранных военно-морских флотах // Подводные исследования и робототехника. – 2025. – № 1 (51) – С. 29–40.

Kongsberg Maritime. HUGIN AUV System Overview. Kongsberg, 2023.

SEA-KIT International. SEA-KIT Maxlimer USV Technical Manual, 2024.

Royal Navy. XLUUV Excalibur Operational Concepts. UK Ministry of Defence, 2022.

Ocean Infinity. Armada Remote Operations for Subsea Infrastructure. Ocean Infinity Reports, 2023.

DARPA. Orca XLUUV Program Overview. US Department of Defense, 2022.

NATO. Baltic Sentry – Critical Undersea Infrastructure Protection, 2025.

Eelume AS. ROV/AUV Multi-Purpose Inspection Robots. Technical Documentation, 2023.

JMSDF. Undersea Cable Protection and Surveillance, Japan, 2024.

Aramco. Offshore Pipeline Inspection and Maintenance Guidelines, Saudi Aramco, 2023.

DNV. Guidelines for Subsea Pipeline Inspection and Monitoring, DNV, 2022.