

При составлении многих листов, во избежание этого, мы «протягивали» подразделения через все зоны, прикладывая «Дополнение к легенде».

Третье возможное направление — это подготовка отдельных листов масштаба 1:200 000 в транзитных прибрежных зонах при условии постановки таких работ на суше.

Будем надеяться, что Роснедра и ведущие научные организации страны — ВСЕГЕИ, ВНИИОкеангеология приложат все усилия, чтобы сохранить системный подход к изучению состояния природной среды, геологического строения и закономерностей размещения полезных ископаемых при дальнейшем геологическом картировании континентального шельфа — основного резерва топливно-энергетического комплекса России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казанин, Г.С. Создание геолого-экологической основы рационального природопользования Западно-Арктического шельфа России / Г.С. Казанин, И.В. Заяц, Н.В. Маркина, С.М. Чуранов, С.И. Шкарубо, Б.Г. Лопатин, В.Л. Иванов, Г.Г. Матишов, Г.А. Тарасов, Ю.И. Матвеев // Разведка и охрана недр. — 2007. — № 9. — С. 2–13.
2. Казанин, Г.С. Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности российского шельфа / Г.С. Казанин, И.В. Заяц, С.И. Шкарубо, С.П. Павлов // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 4. — С. 7–13.
3. Казанин, Г.С. Инновационные технологии ОАО «МАГЭ» — потенциал для укрепления МСБ арктического шельфа России / Г.И. Иванов, И.В. Заяц, А.Г. Казанин, Е.С. Макаров, С.И. Шкарубо, С.П. Павлов, С.А. Нечхаев // Разведка и охрана недр. — № 9. — 2016. — С. 56–64.
4. Лопатин, Б.Г. Геологическое картирование континентального шельфа России на современном этапе — 25 лет на арктическом шельфе России / В.Н. Беляев, С.И. Шкарубо. — СПб, 1999. — С. 29–34.
5. Петров, О.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 / О.В. Петров, Б.Г. Лопатин, Т.Н. Зубова, В.Р. Вербицкий // Региональная геология и металлогения. — 2016. — № 67. — С. 19–33.
6. Шпилов, Э.В. Новые данные о структуре комплексов основания Южно-Карского бассейна / Э.В. Шпилов, С.И. Шкарубо. — ДАН, 2011. — Т. 438. — № 1. — С. 95–100.
7. Шкарубо, С.И. Результаты современного этапа изучения Лаптевоморского шельфа: от гипотез к новым фактам и проблемам / С.И. Шкарубо, Г.А. Заварзина, О.Н. Зуйкова // Разведка и охрана недр. — № 4. — 2014. — С. 23–30.

© Коллектив авторов, 2017

Шкарубо Сергей Иванович // sergeysh@mage.ru
Журавлев Виталий Алексеевич // vitalyzh@mage.ru
Радченко Марина Сергеевна // radchenko@mage.ru
Неупокоева Анастасия Александровна // neupokoeva.aa@mage.ru
Бургутто Анна Геннадьевна // burguto.ag@mage.ru
Руденко Анна Александровна // pavlova.aa@mage.ru
Проконина Марина Валерьевна // prokonina@mage.ru

УДК 551.35

Зяц И.В., Макаров Е.С. (ОАО «МАГЭ»)

ОБНОВЛЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ФЛОТ ОАО «МАГЭ» — ОСНОВА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Освещен вопрос, связанный с адаптацией научного флота к текущему спросу рынка геолого-геофизических работ и требованиям нефтегазовых компаний. Рассматривается комплексное переоборудование и переоснащение научно-исследовательских судов с целью расширения

*спектра выполняемых задач и обеспечения высокого качества результатов работ. **Ключевые слова:** морские инженерные изыскания, модернизация научно-исследовательских судов.*

Zayats I.V., Makarov E.S. (MAGE)

THE MODERNIZED RESEARCH FLEET OF JSC «MAGE» IS A BASIS FOR THE INNOVATION DEVELOPMENT

*There has been covered a subject connected with the adaptation of the research fleet to the current demand of geological and geophysical services market and to the requirements of oil and gas companies. Such a theme as the integrated re-equipment and refitting of research vessels aimed at enhancement of performed tasks and high quality of work results is considered. **Keywords:** marine engineering surveys, research vessels modernization.*

С целью непрерывного развития ОАО «МАГЭ» практикует совершенствование системы последовательной модернизации всего производственного процесса и активное использование инновационных технологий [2].

Научно-исследовательское судно «Профессор Курченцов» долгое время было ориентировано на выполнение сейсмозондировки 2D в комплексе с магнитометрией и гравиметрией. Из-за снижения спроса на эти работы в 2013 г. была проведена модернизация судна с целью расширения диапазона выполняемых научно-исследовательских работ. В результате проведенных мероприятий стало возможным использование судна при производстве инженерно-геофизических изысканий на акваториях с сохранением возможности выполнения сейсмозондировочных исследований 2D. Во время модернизации рабочие места на палубе были доработаны таким образом, чтобы обеспечить возможным одновременную буксировку забортного оборудования нескольких методов. Для выноса забортного оборудования из кильватерной струи судна были удлинены аутригеры обоих бортов.

С целью выполнения непрерывных сейсмоакустических исследований был закуплен и установлен современный комплекс оборудования производства компании Geomarine Systems, включающий в себя источник излучения и регистрирующее оборудование с многоканальной приемной косой. Источник энергии разместили в кондиционируемом контейнере, позволяющем поддерживать оптимальные условия работы оборудования. Источниками сигнала выступают электродинамический (бумер) и электроискровой (спаркер) излучатели, характеризующиеся стабильностью энергетических характеристик. Данные излучатели располагаются на носителях-буксирах, которые оснащены регулируемыми системами поплавков, что позволяет изменять заглубление источника и выбирать оптимальные параметры излучения.

В 2014 г. последовало очередное переоборудование судна. Для получения акустического изображения особенностей морского дна и выявления опасных тех-



Рис. 1. Антенна акустической системы позиционирования

ногенных и геологических объектов с помощью гидролокатора бокового обзора (ГЛБО) Klein System 3000 на левом борту установили электрогидравлическую лебедку с токосъемником, счетчиком кабеля и выносным пультом управления. Оперативная корректировка глубины гидролокатора в случае необходимости может выполняться непосредственно из лаборатории с рабочего места оператора, на котором установлены мониторы, передающие изображения с палубных видеокамер. Точное определение места положения буксируемого оборудования осуществляется при помощи короткобазисной акустической системы позиционирования Sonardyne Ranger 2, антенна которой установлена на выносной штанге (рис. 1). Для высокочастотного профилирования верхнего слоя дна на штанге с другого борта установлен параметрический донный профилограф SES-2000 medium производства компании Innomar (Германия). Параметрическая акустика этого профилографа дает хорошее проникновение в морское дно на низких частотах и гарантирует высокое пространственное разрешение за счет передачи коротких сфокусированных звуковых импульсов при высоких скоростях пингования.

Для выполнения батиметрической съемки рельефа дна используется программно-аппаратурный комплекс на базе многолучевого эхолота Kongsberg EM2040C, который является усовершенствованной модификацией эхолота EM3002. Комплекс включает в себя систему управления многолучевым эхолотом SIS, инерциальную навигационную систему DGPS/GLONASS Searpath 330 с датчиком перемещений судна MRU 5, навигационную систему QINSy 8.1 и ком-

плекс обработки батиметрических данных Qloud 2.3. Этот эхолот обеспечивает выполнение специальных требований международной гидрографической организации IHOS44 и соответствует стандартам спецификации LINZ. Многолучевой эхолот разместили на выдвижной штанге, спуск и подъем которой осуществляется с рабочего места геодезиста.

Определение скорости звука выполняется с помощью современной системы Underway SVP, позволяющей проводить измерения на ходу судна, что позволяет значительно увеличить производительность. Для получения информации о колебаниях уровня моря используются мареографы miniTide компании Valeport с системой акустических размыкателей Oceano 500 компании IXBlue.

С целью изучения верхней части разреза и для выявления потенциально опасных геологических аномалий (зон заземленного газа), которые могут привести к возникновению аварийных ситуаций или катастрофам при проведении разведочного и эксплуатационного бурения, на судне установлен комплекс сейсморазведки высокого разрешения (СВР) [1]. Регистрирующая система представлена станцией Seal v 5.1 производства Sercel (Франция). В качестве приемного устройства используется 192-канальная цифровая коса длиной 1200 м. Стабилизация сейсмокосы на заданной глубине осуществляется при помощи компасных контроллеров глубины DigiBird 5011E. Положение сейсмокосы непрерывно выводится на дисплей управляющего контроллера Digi COURSE в табличной и графической форме. На конце сейсмической косы установлен хвостовой буй, оборудованный проблесковым маячком и GPS приемником с УКВ передатчиком. В качестве источника упругих колебаний используется массив пневмоисточников Sleeve Gun. Конструкция массива позволяет в течение короткого времени перестраивать источник под любые условия выполнения СВР. Автоматический контроль и синхронизация работы пушек осуществляется с помощью контроллера Big Shot, который имеет временное разрешение 0,1 мс.

В 2015 г. на НИС «Профессор Куренцов» были проведены работы по адаптации судна для проведения исследований в условиях транзитных зон с использованием сейсмического комплекса сбора данных Geospace. В кормовой части главной палубы были установлены крепления для размещения 10-футового контейнера с терминалом обслуживания донных регистраторов OBX (рис. 2). Также были проведены модернизационные работы на ган-палубе левого борта. Непосредственно в борту ган-палубы сделано закрывающееся окно. На время полевых работ там монтируется мини-слип и устанавливается лебедка для выборки троса с закрепленными на нем донными регистраторами. В кормовой части устанавливается мини-слип для сброса модулей и антенна RFID под ним.

На баке судна устанавливаются два съемных кильблока для размещения рабочего катера РК-700, необходимого при производстве работ в транзитных зонах.

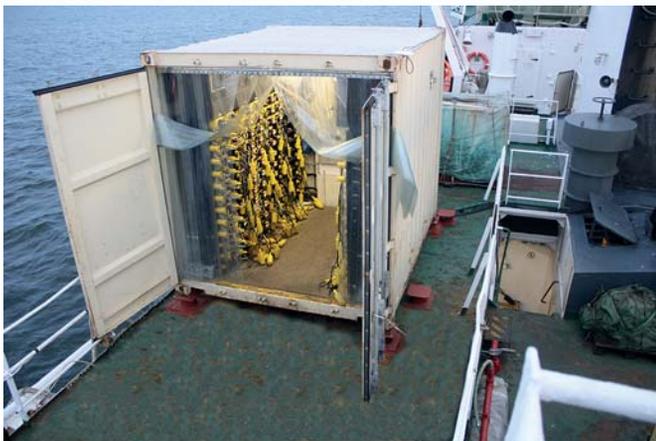


Рис. 2. Размещение терминала донных регистраторов ОВХ на борту судна

В качестве источника упругих колебаний используется имеющийся на судне массив пневмоисточников Sleeve Gun. Станция контроля качества сейсмического материала размещается в вычислительном центре (ВЦ) судна и не требует дополнительной модернизации имеющегося помещения.

В 2013 и 2015 гг. подобная модернизация была выполнена еще на одном судне ОАО «МАГЭ» — НИС «Геофизик», что позволило также значительно расширить спектр оказываемых услуг, оптимизировать выполняемые задачи, повысить качество и безопасность работ. При переоснащении большое внимание уделялось оборудованию российского производства [3]. Дополнительно на НИС «Геофизик» предусмотрели возможность выполнения донного пробоотбора. Главная задача этого метода исследований — детальное изучение верхних 5–6 м разреза, а также физико-механические испытания грунтов. Для проведения донного пробоотбора используются несколько видов пробоотборников. Отбор проб на малых глубинах выполняется при помощи вибропробоотборника GEO-CORER 3000 + 6000 с частотой вибрации 28 Гц. На глубинах от 80 м и глубже используются гравитационные пробоотборники GEO-PISTON CORER (производство GeoMarineSystems) и «УНГС — ПБРН — 01» (производство ООО «Управление нефтегазового снабжения»). В результате извлекается керн диаметром 110 мм и длиной до 6 м. Для дальнейшей обработки проб оборудована полевая лаборатория, позволяющая проводить весь спектр набортных физико-механических испытаний, а также ряд экологических анализов.

В 2015 г. было введено в эксплуатацию судно «Федор Ковров». В том же году с этого судна были выполнены первые работы в Охотском море по обследованию обнаруженных предметов (гидролокационные цели) на Южно-Кирином месторождении. Проведено обследование законсервированных и ликвидированных скважин Кириного газоконденсатного месторождения с отбором проб газа, грунта и воды. Судно участвовало в работах по подъему потерянных якорей бурового судна. Для выполнения этих работ

была установлена система подводной навигации iXBlue GAPS 4G, арендован телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА). В начале 2016 г. судно перешло под Российский морской регистр судоходства и получило флаг Российской Федерации.

В апреле 2016 г. ОАО «МАГЭ» приобрело собственный ТНПА Sperre SUB-fighter 15k (рис. 3) и выполнило четыре договора по работам с ТНПА: обследование целей на Южно-Кирином месторождении, обследование целей на проекте расширения Кириного газоконденсатного месторождения, обследование законсервированных и ликвидированных скважин месторождения и мониторинг технического состояния Кириного газоконденсатного месторождения. Для этого был закуплен комплект оборудования, позволяющий выполнять следующие операции в рамках отмеченных договоров:

- визуальный осмотр проектируемых трасс трубопроводов и сплошной видео осмотр площадок;
- поиск целей, выявленных с помощью ГЛБО с применением гидролокатора кругового/секторного обзора Kongsberg 1171;
- отбор проб воды, грунта и газа;
- очистка подводных объектов от морских обрастаний с помощью установки кавитационной очистки CaviBlaster 1228;
- оценка состояния системы электрохимической защиты с помощью измерителя катодного потенциала Deep C Meter 300 AD;
- измерение фактической толщины стенок подводных трубопроводов через изоляционное покрытие с помощью ультразвукового толщиномера Cygnus M5-ROV-2K;
- поиск заглубленных шланго-кабелей и трубопроводов с помощью магнитометрического трассоискателя Innovatum Smarttrak, в том числе с подключением тонового генератора TG-10 UK;
- измерение пространственного положения (крен, дифферент) подводных конструкций с помощью Ocean Tools DISTIL;
- неразрушающий контроль сварных швов подводных трубопроводов.



Рис. 3. Погружение ТНПА



Рис. 4. Сейсморазведочные работы в ледовых условиях с применением УЛЗ

В 2014 г. ОАО «МАГЭ» на арендованном судне «Академик Федоров» отработана уникальная методика выполнения сейсморазведочных работ в сложных ледовых условиях. Для защиты забортного оборудования при работах во льдах спроектировано и запатентовано устройство ледовой защиты (УЛЗ). Это устройство, устанавливаемое на корме судна, обеспечивает возможность крепления буксировочных тросов ниже поверхности воды, позволяя зафиксировать магистраль пневмоисточников и сейсмическую косу вдоль устройства, защищая тем самым забортное оборудование от плавающего на поверхности льда. Внедренное оборудование и технология позволили в течение двух месяцев выполнить более 10 000 км геофизических профилей на покрытой льдом акватории, включая уникальный сейсмический профиль через Северный полюс (рис. 4). Приобретенный ОАО «МАГЭ» опыт и испытанный комплекс оборудования для работы во льдах позволят значительно расширить как географию работ, так и временные рамки проведения сейсморазведки.

Все суда ОАО «МАГЭ» оборудованы высокоскоростными системами спутниковой связи. Это позволяет передавать полевые данные для обработки, интерпретации или согласования с заказчиком в режиме реального времени, что значительно сокращает промежуток времени от получения данных до начала их применения. С целью комплексирования различных методов исследований на все суда были установлены многолучевые эхолоты. В результате проведения попутного многолучевого эхолотирования существенно повышается информативность исследований без дополнительных временных затрат.

Каждое из таких мероприятий вносит свой вклад в общий процесс совершенствования техники, технологии, методики исследований, повышает результативность геолого-геофизических исследований и увеличивает возможность оперативной адаптации научно-исследовательского флота к постоянным переменам на геологоразведочном рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казанин, Г.С. Арктический шельф России: инновационный вектор развития отечественной морской геофизики / Г.С. Казанин, Г.И. Иванов, И.В. Заяц, А.Г. Казанин, Е.С. Макаров, С.А. Нечхаев, С.П. Павлов // *Geomodel 2016 — 18th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development*, Геленджик, EarthDoc.org стр. 12–17 DOI: 10.3997/2214-4609.201602176.
2. Казанин, Г.С. Инновационные технологии — основа стабильного развития ОАО «МАГЭ» / Г.С. Казанин, Г.И. Иванов // *Разведка и охрана недр.* — 2014. — № 4. — С. 3–7.
3. Казанин, Г.С. НИС «Геофизик»: новый инженерно-геологический комплекс / Г.С. Казанин, Е.С. Макаров, Г.И. Иванов, М.В. Саркисян // *Нефть. Газ. Новации.* — 2016. — № 1 (183). — С. 60–64.

© Заяц И.В., Макаров Е.С., 2017

Зяц Игорь Владимирович // zayatsi@mage.ru
Макаров Евгений Станиславович // makarov@mage.ru

УДК 550.83+551.35+553.98 (985)

Казанин А.Г., Казанин Г.С., Иванов Г.И., Саркисян М.В., Морозов В.Е. (ОАО «МАГЭ», Мурманск, Москва, Санкт-Петербург)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ

*Рассматриваются инновационные технологии ОАО «МАГЭ» при проведении морских инженерно-геологических изысканий на арктическом шельфе России, которые демонстрируют инновационный вектор развития отечественной морской геофизики. Из наиболее значимых в первую очередь хотелось бы выделить сейсмику высокого разрешения, акустическую съемку ультравысокого разрешения и работы с автономным телеуправляемым подводным аппаратом. Сейсмика высокого и ультравысокого разрешения была использована для детального расчленения верхней части разреза с целью обнаружения газовых «линз» и залежей газогидратов, а также для прогнозирования скопелений мелкозалегающего газа в верхней части разреза. Выполненные в Охотском море работы с подводным аппаратом показали его высокую эффективность при оценке герметичности подводных трубопроводов, заглуженных устьев скважин и целостности подводных инженерных коммуникаций. **Ключевые слова:** ОАО «МАГЭ», арктический шельф, инновационные технологии, сейсмика высокого разрешения, инженерно-геологические изыскания, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат, газовые «линзы» и залежи газогидратов.*

Kazanin A.G., Kazanin G.S., Ivanov G.I., Sarkisyan M.V., Morozov V.E. (MAGE, Murmansk, Moscow, St. Petersburg)

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE IMPLEMENTATION OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL WORK ON THE ARCTIC SHELF OF RUSSIA

The article describes the innovative technologies of JSC «MAGE» during the offshore engineering and geological surveys on the Arctic shelf of Russia, which demonstrate the in-