

Казанин Г.С., Иванов Г.И., Казанин А.Г. (ОАО «МАГЭ», Мурманск, Москва, Санкт-Петербург)

ИННОВАЦИОННЫЙ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ОАО «МАГЭ» — ОСНОВА СТАБИЛЬНОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ

*Рассмотрены новые технологии при проведении морских геологоразведочных работ, задающие новый вектор развития отечественной геофизики. ОАО «МАГЭ» за последние несколько лет разработало и внедрило в производство инновационные технологии, которые включают подледную сейсморазведку, многокомпонентные сейсмические исследования в транзитных зонах и геофизические работы при проведении инженерно-геологических изысканий. **Ключевые слова:** ОАО «МАГЭ», Арктика, инновационные технологии, подледная сейсморазведка, многокомпонентные сейсмические исследования, транзитные зоны, сейсмика высокого и ультравысокого разрешения, инженерно-геологические изыскания.*

Kazanin G.S., Ivanov G.I., Kazanin A.G. (MAGE, Murmansk, Moscow, St. Petersburg)

INNOVATIVE VECTOR OF DEVELOPMENT OF JSC «MAGE» IS THE BASIS OF STABLE DEVELOPMENT OF THE COMPANY

*In the article new technologies are considered in the course of conducting marine geological exploration assigning a new vector of development of russian geophysics. JSC «MAGE» over the past few years has developed and implemented innovative technologies that include subsea seismic exploration, multicomponent seismic studies in transit zones and geophysical work during engineering and geological surveys. **Keywords:** JSC «MAGE», the Arctic, innovative technologies, subsea seismic exploration, multicomponent seismic studies, transit zones, high and ultra high resolution seismic, engineering and geological surveys.*

Благодаря использованию технологии подледной сейсморазведки, разработанной в компании ОАО «МАГЭ», впервые в мире удалось пересечь северный полюс со всем комплексом геофизических исследований (сейсмика МОВ ОГТ, МОВ МПВ, гравика, локация бокового обзора) и получить новые сведения о строении центральной глубоководной части Северного Ледовитого Океана.

Использование технологии 4С с донными станциями обеспечивает постепенный переход к многоволновой сейсморазведке. Созданный единый технологический кластер сейсморазведочных работ на шельфе, транзитной зоне и на суше с высоким качеством сейсмической записи позволяет выполнять бесшовную съемку наиболее перспективных участков шельфа России. Использование сейсмики высокого и ультравысокого разрешения для детального расчленения верхней части разреза с целью обнаружения газовых «линз» и залежей газогидратов, а также для прогнозирования скоплений мелко-

залегающего газа в верхней части разреза обеспечивает надежную и эффективную основу для разработки шельфовых месторождений нефти и газа.

Морская арктическая геологоразведочная экспедиция, которая в этом году отмечает свое 45-летие, занимает особое место в истории исследования арктического шельфа России. Ее создание в Мурманске в 1972 г. положило начало систематическому изучению геологии Баренцева и Карского морей, увенчавшемуся впоследствии открытием богатейшей Западно-Арктической нефтегазоносной мегапровинции. Первыми сейсмическими и гравимагнитными исследованиями в 1973–1978 гг. были очерчены крупнейшие осадочные бассейны: Восточно-Баренцевский мегапрогиб и Южно-Карская синеклиза, определяющие и сегодня высокие перспективы региона.

Именно благодаря инновациям и внедрению самых современных технологий наша компания выжила в тяжелейшие 1990-е годы и развивается сейчас, несмотря на сложнейшие финансово-экономические и организационно-правовые условия, в которых находится геологическая отрасль в последние 25 лет.

МАГЭ СЕГОДНЯ — это современная, динамично развивающаяся компания, которая предоставляет широкий спектр геолого-геофизических услуг по изучению строения шельфовых морей, транзитных и прибрежных зон Арктики и Мирового океана с соблюдением международных стандартов качества, охраны труда, здоровья и окружающей среды. ОАО «МАГЭ» за последние годы, используя инновационные технологии, достигло определенных успехов при проведении ГРП на нефть и газ арктического шельфа [6]. Сегодня, когда заходит речь о конкурентоспособности российской морской геофизики в качестве яркой иллюстрации можно смело назвать ОАО «МАГЭ» (выполнение исследований на современном научно-методическом уровне в сложнейших климатических условиях Арктики) [5].

В данной статье мы сфокусируем внимание на арктическом шельфе России и тех технологиях, которые демонстрируют инновационный вектор развития отечественной морской геофизики. Говоря о инновационных технологиях при выполнении геолого-геофизических исследований на арктическом шельфе России в первую очередь необходимо выделить подледную сейсморазведку, многокомпонентные сейсмические исследования в транзитных зонах и геофизические работы при проведении инженерно-геологических изысканий.

Технология подледной сейсморазведки

В этом случае верхняя часть ледовой защиты расположена выше ватерлинии судна. Боковые стенки колонны образуют вертикальную нишу и продолжают выше места крепления ледовой защиты к корпусу судна с формированием обтекателей. При этом вертикальная ниша выполнена продольно разделенной внутренней зоной для прокладки и закрепления буксировочных и прижимных тросов и внешней зоной для размещения кабелей сейсмического оборудования. Внутренняя зона разделена на три продольных канала,



Рис. 1. Ледовая защита, смонтированная на корме НИС «Академик Федоров»

каждый из которых предназначен для размещения буксировочных и прижимных тросов для пневмоисточников и сейсмического оборудования, а также для фиксации запасных буксировочных и/или прижимных тросов, находящихся в нерабочем положении. Три роульса предназначены для направления косы и линий пневмоисточников.

Размеры конструкции составили: высота 17,5 м, ширина подводной части 6,5 м. Общий вес конструкции 10 т. В 2015 г. на устройство ледовой защиты получен патент (рис. 1) [4]. Отличительной особенностью данной научной разработки является тот факт, что она сразу же была внедрена в производство и использована при выполнении государственного контракта экспедицией «Арктика-2014». В настоящее время ни одна организация в России не способна выполнить весь объем подобных работ самостоятельно. В связи с этим, был создан альянс квалифицированных организаций-соисполнителей, координация которых была поручена ОАО «МАГЭ» как головному предприятию, накопившему в ходе выполнения работ в арктических и дальневосточных морях РФ значительный опыт успешного руководства коллективным выполнением комплексных проектов [4].

Главной задачей, отличающей экспедицию от всех предыдущих, являлось выполнение комплексных геофизических работ с целью создания геолого-геофизической основы для оценки

перспектив нефтегазоносности. Экспедиция проходила под эгидой МПР РФ и Роснедр. За организацию, планирование работ, техническое обеспечение, общее руководство полевыми работами и непосредственно проведение сейсморазведочных исследований отвечало ОАО «МАГЭ» [4].

Исследования проводились в июле—октябре 2014 г.

Общий объем комплексной гидрографо-геофизической съемки составил более 10 000 км: МОВ ОГТ с 600-метровой косой в сочетании с зондированиями МОВ МПВ 3373,2 км; с 4500-метровой косой — 5596,950 км; съемка рельефа дна и гравиметрическая съемка. Дополнительно к этому было выполнено 1165,9 км съемки рельефа дна в комплексе с гравиметрической съемкой. Карта фактического материала представлена на рис. 2.

Большая часть работ проходила во льдах сплоченностью 9–10 баллов, толщиной до 160 см. На некоторых профилях встречался двухлетний лед толщиной до 240 см и торосы до 4 м. Зачастую ледокол «Ямал» сначала пробивал себе дорогу, а после возвращался и прокладывал дорогу для «Академика Федорова» (рис. 3) [7].

Контроль качества данных подтвердил пригодность сейсмического материала для решения поставленных геологических задач. Поверхность акустического фундамента и отражающие границы в осадочной толще прослеживаются на большей части разрезов уверенно и непрерывно. Уверенно прослеживаются все отражающие горизонты по их классификации, принятой для восточно-арктических морей.

Необходимо подчеркнуть, что впервые в мире 10 августа 2014 г. в районе полюса были выполнены ком-

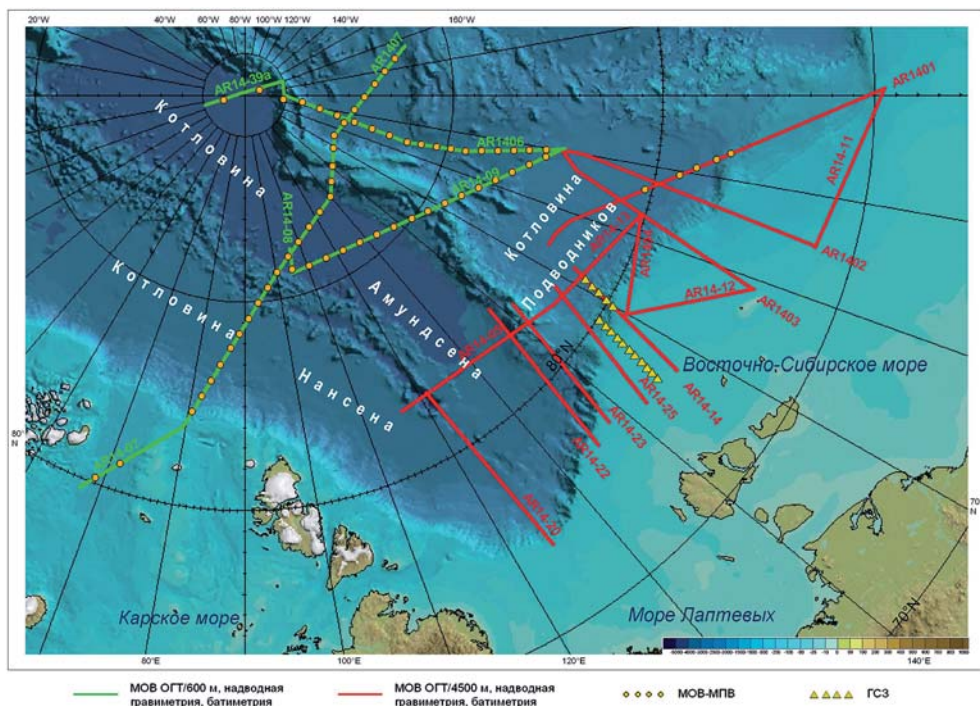


Рис. 2. Карта фактического материала экспедиции «Арктика-2014»



Рис. 3. Технология отработки профиля в сплошных ледовых полях

плексные геофизические исследования, включающие сейсморазведку МОВ ОГТ (при работе с 600-метровой косой в сочетании с зондированиями МОВ МПВ), съемку рельефа дна и гравиметрическую съемку силами исключительно российских специалистов, на основе разработанного в ОАО «МАГЭ» инновационного геофизического комплекса (рис. 4) [8].

Выполненные в экспедиции комплексные геофизические исследования позволили существенно усилить аргументацию Российской Федерации при обосновании внешней границы континентального шельфа. В частности, предварительный анализ временных разрезов МОВ ОГТ позволил увязать стратификацию осадочного чехла мелководных шельфов Восточно-Сибирского и Чукотского морей и стратификацию в глубоководной котловине Подводников. На качественном уровне была принята генеральная концепция новой стратификации, которая будет представлена в Заявке РФ в Комиссию по континентальному шельфу. Впервые были проведены сейсмические исследования МОВ ОГТ по прямолинейным профилям в одном из самых труднодоступных районов Арктики — котловине Макарова.

Это позволило подтвердить ранее высказанную идею российских ученых о рифтогенной природе этой котловины [1]. Информация о скоростях сейсмических волн в осадочном чехле, полученная в экспедиции в результате зондирований МОВ МПВ, позволит корректно построить глубинные разрезы вдоль отработанных профилей.

Многокомпонентные сейсмические исследования в транзитной мелководной зоне

Важнейшим направлением ГРП на шельфе в настоящее время являются работы в транзитной мелководной зоне. Большинство таких районов остаются слабо изученными многократным МОВ ОГТ и относятся к наиболее труднодоступным акваториям Арктики [11]. Малые глубины, значительные приливы, сильные прибрежные течения, неблагоприятная гидрологическая обстановка в целом приводят к неоправданным рискам при использовании стандартных методов исследований. Но, с другой стороны, эти районы являются стратегически значимыми объектами для увеличения ресурсной базы УВ, и в первую очередь мелководные районы Приамальского шельфа и Печорского моря, перспективные структуры на которых имеют морское продолжение и относительно доступны для их освоения с берега [11].

Использование многокомпонентных донных систем в сейсморазведочных работах позволяет улучшить качество и повысить информативность сейсмических разрезов. Помимо уменьшения влияния поверхностных волн на гидрофон и повышения соотношения сигнал\помеха в донном регистраторе добавляется возможность регистрации обменных волн и применения технологий многоволновой сейсморазведки (МВС).

Благодаря 15-летнему опыту работы наших специалистов в транзитных зонах России, была разработана технология многокомпонентной регистрации сейсмических данных в переходной зоне и на предельном мелководье арктического шельфа, позволяющая регистрировать сейсмический сигнал в диапазоне глубин 0+1/50 м с применением морской донной бескабельной системы автономной регистрации сейсмических волн АДР типа ОВХ Geospace производства фирмы OYO Geospace Ind. (США). В итоге удалось создать

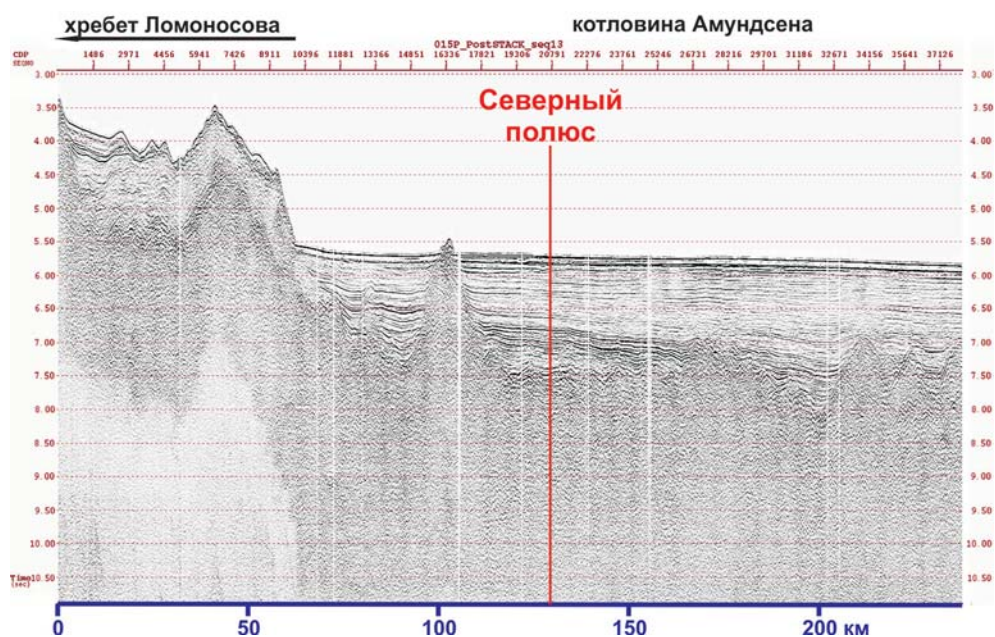


Рис. 4. Уникальный сейсмический разрез, проходящий через Северный полюс

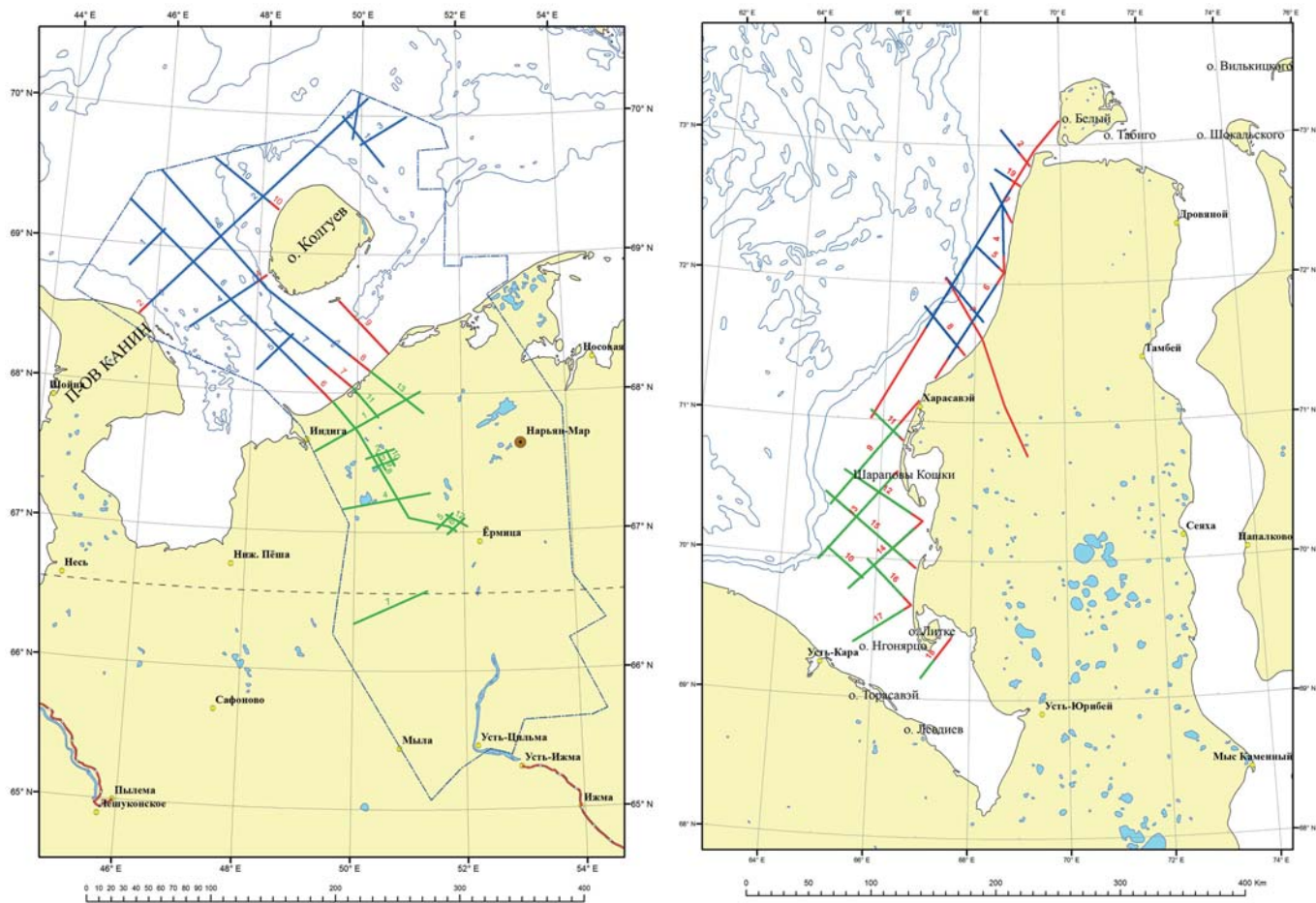


Рис. 5. Схемы расположения профилей 2D-4С, выполненных ОАО «МАГЭ» в транзитной зоне Приразломной части Южно-Карского шельфа (левый рисунок) и Печорском море (правый)

единый технологический кластер сейсморазведочных работ на шельфе, в транзитной зоне и на суше с высоким качеством сейсмической записи.

В 2013–2016 гг. на арктическом шельфе в рамках 4-х региональных проектов ОАО «МАГЭ» выполнено сейсморазведочные работы 2D-4С общим объемом более 1 200 пог. км. Схема расположения профилей на обследованных полигонах представлена на рис. 5. При работах с автономными донными регистраторами (АДР) возможна реализация системы наблюдений любой конфигурации с необходимым максимальным удалением «источник — приемник», ограниченным только целевыми горизонтами и количеством приборов. Появляется возможность проведения полноазимутальных сейсмических съемок. Для работ был использован автономный донный 4-компонентный модуль (ОВХ) Geospace, представляющий собой цифровой регистратор с непрерывным режимом записи сигнала со встроенного гидрофона MP 18BH-1000 с 1–206 Гц (шаг дискретизации 2 мс) и систему из трех ортогональных геофонов OMNI-X-LT с диапазоном регистрируемых частотами от 3 до 15 000 Гц. Принятый сейсмический сигнал в цифровой форме записывается во встроенную энергонезависимую память. Время автономной работы регистратора составляет 20 суток. Приемник снабжен инклинометром, позволяющим определять вертикаль-

ные углы наклона осей геофонов с точностью не менее $\pm 2^\circ$. Максимальная глубина погружения станции составляет 700 м, что обеспечивает универсальность ее применения. Технология полевых сейсморазведочных работ 2D-4С на арктическом шельфе подразумевает использование трех судов: судно-база, судно-расстановщик и судно-источник (рис. 6).

Геометрия расстановок зависит от заданного проектом шага ОГТ и номинальной проектной кратности. В данном случае шаг ОГТ составлял 25 м, шаг пикетов приема и пикетов отстрела — 50 м. Линия отстрела смещена на 50 м параллельно линии приема, поскольку на малых глубинах движение судна непосредственно по линии приема невозможно. Сейсмические наблюдения проводились по методике МОВ ОГТ с применением комплекса центрально-симметричной и фланговой системы наблюдений. Возбуждение сейсмического сигнала выполнялось групповым пневмоисточником, рассчитанным для транзитной зоны. Группа состояла из одной линии, включающей 5 пневмопушек GI-Gun 210 общим объемом 930 куб. дюймов (15 л).

Навигационно-гидрографическое сопровождение работ заключалось в обеспечении судоводителя навигационной информацией при расстановке и отстреле, промерных работах, обработке навигационных данных. Плановая привязка точек геофизических исследований

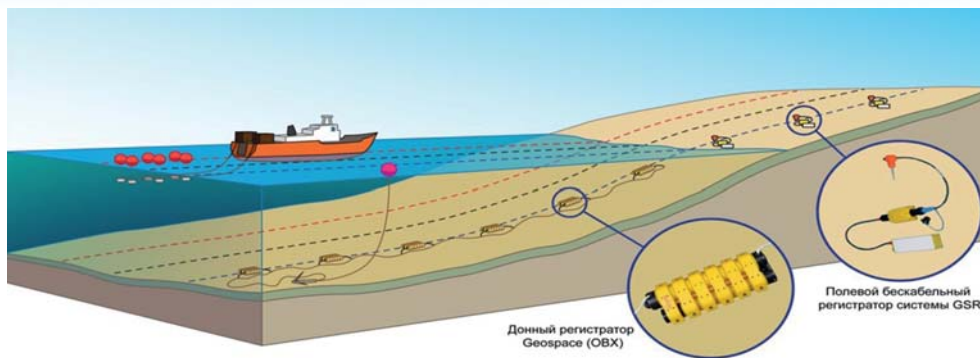


Рис. 6. Технология выполнения сейсмических работ с 4-компонентными донными станциями в транзитной зоне шельфа

осуществлялась по СНС NAVSTAR в координатной системе WGS 84. На судах в качестве приемоиндикаторов спутниковой информации использовались DGPS приемники C-Nav 3050 в дифференциальном режиме. Для определения направления движения судов применялись гирокомпас Гюйс и DGPS приемники Trimble SPS-461 с опцией определения курса. Навигация по профилям на судах осуществлялась с помощью программного обеспечения HYDROpro Navigation. Суточные изменения колебаний уровня моря измерялись мареографом MiniTide. Для привязки показаний мареографа к уровню геоида были использованы данные уровневых водомерных постов. Точность плановой привязки точек геофизических наблюдений ± 5 м; среднеквадратическая погрешность измерения глубин не хуже 1 % измеряемой глубины. В результате работ были получены хорошие сейсмические данные по четырем компонентам регистрации. Контроль качества N и Z компоненты был проведен программами ProMAX R5000 и SeisWin QC.

Выполненные ОАО «МАГЭ» сейсморазведочные работы позволили решить поставленные геологические задачи и получить новую информацию по обменным волнам для достоверного определения литологических свойств осадочного чехла.

Первые результаты работ, выполненных в транзитной зоне Печорского моря и Приамальского шельфа, показали свою эффективность и высокое качество сейсмического материала (рис. 7). На разрезах хорошо видно, что качество полевых материалов для транзитной зоны сопоставимо с результатами стандартных морских сейсмических работ с судна. Более того, результаты работ на

Приамальском шельфе показали высокую степень информативности материалов как для транзитной зоны, так и для сухопутных работ прибрежных участков (рис. 8). В настоящее время во времена «санкций и импортозамещения» наша компания за свой счет выполняет ОКР по замене импортных гидрофонов на отечественные. Планируем в следующем году провести испытания.

В итоге удалось создать единый технологический кластер сейсморазведочных работ на шельфе, транзитной зоне и на суше с высоким качеством сейсмической записи. Работы, выполненные в транзитной зоне за последнее время, открывают новый этап технического развития в отрасли и делают доступным проведение многокомпонентных (4С) сейсморазведочных работ в Арктике, обеспечивая постепенный переход к многоволновой сейсморазведке.

Сейсмика высокого разрешения

Сейсмика высокого и ультравысокого разрешения используется в первую очередь нами для детального расчленения верхней части разреза с целью обнаружения газовых «линз» и залежей газогидратов, а также для прогнозирования скоплений мелкозалегающего газа в верхней части разреза. Своевременное обнаружение скоплений газа является актуальной задачей при разведке и разработке месторождений углеводородов на шельфе. Избыточные пластовые давления, возникающие в таких газовых карманах, представляют значительные риски при строительстве скважин и раз-

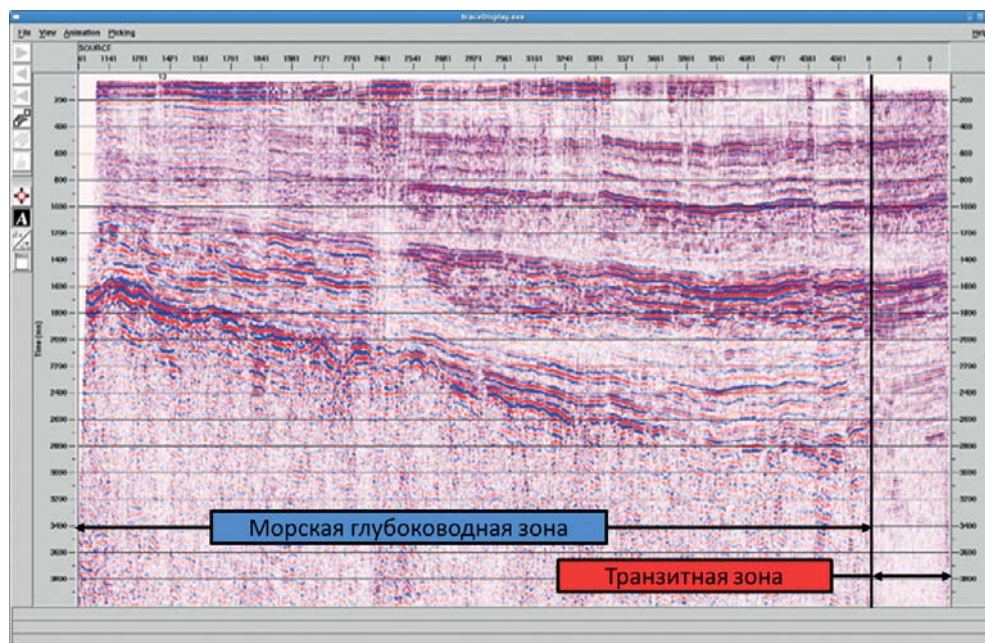


Рис. 7. Временной разрез по линии профиля шельф – транзитная зона (Печорское море)

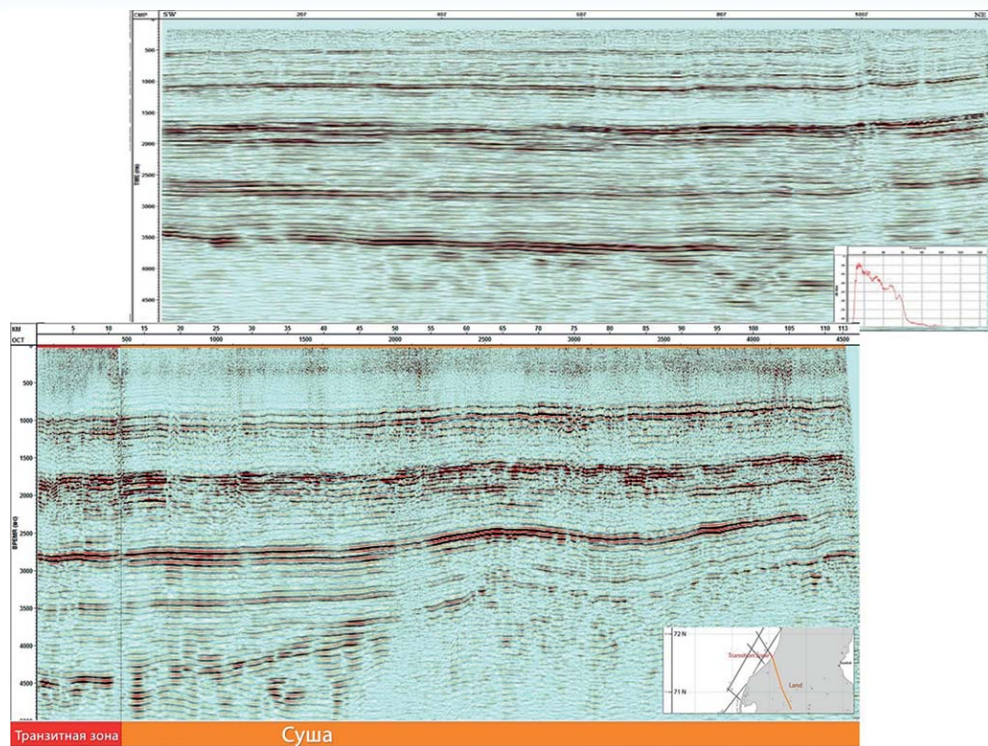


Рис. 8. Временной разрез по линии профиля транзитная зона — суша (Приямальский шельф)

мещении подводных объектов обустройства. Одной из причин пристального внимания к данной проблеме послужила авария на скважине 2 в Охотском море.

Важнейшим элементом технологии сейсмоки высокого разрешения является регистрирующая система комплекса, работающая на основе специализированной сейсмической косы. Если на первом этапе выполнения работ такого уровня мы использовали специализированную твердотельную голландскую сейсмическую косу с шагом между датчиками 6,25 м компании Hydroscience Technologies [3], то сейчас «во времена санкций» для выполнения данного вида исследований мы используем современное оборудование отечественного производства российской компании «Си Технолоджи Инструмент» (Геленджик) с близкими параметрами. Это российская 192-канальная цифровая коса модели XZoneBottomFish с активной длиной 1 200 м. Отличительной особенностью регистрирующей системы этого комплекса является уменьшенный шаг между каналами сейсмокосы (6,25 м и 3,125 м), что позволяет значительно повысить детальность сейсмического разреза (рис. 9) [2]. Стабилизация сейсмокосы на заданной глубине осуществляется при помощи компасных контроллеров глубины DigiBird 5011E. Положение сейсмокосы непрерывно выводится на дисплей управляющего контроллера DigiCOURSE в табличной и графической формах. На конце сейсмической косы установлен концевой буй PartnerPlast 800L, оборудованный проблесковым маячком, радаром-рефлектором и GNSS-приемником.

Глубина пенетрации около 1 км при разрешающей способности 2–5 м в зависимости от геологического строения осадочного чехла (рис. 9). Немаловажную

роль играет твердотельная экологически безопасная конструкция заборной части приемного устройства. Необходимо отметить, что при проведении этих исследований наряду с импортными техническими средствами используется и отечественное оборудование.

В качестве источника упругих колебаний используется кластер, состоящий из четырех пневмопушек G.GUN II объемом от 40 до 150 куб. дюймов каждая. Эти пневмоисточники являются передовыми в своем классе в результате высокой производительности в самых тяжелых условиях. Также имеется альтернативный источник, состоящий из четырех пневмопушек SleeveGun по 40 куб. дюймов каждая. Автоматический контроль и

синхронизация работы пушек осуществляется с помощью контроллера BigShot, который имеет временное разрешение 0,1 мс. Дополнительно контроллер пневмоисточников получает информацию о заглублении кластера пневмопушек. Для набивки пневмоисточников воздухом до давления 2000 psi используется российский компрессор высокого давления ЭК 2ВМ-5 221 Краснодарского компрессорного завода.

Интерпретация сейсмических данных производилась в программном пакете Kingdom Software. Для более удобного ранжирования аномальных зон в изучаемом разрезе были выделены основные отражающие горизонты. Детальный анализ сейсмических разрезов

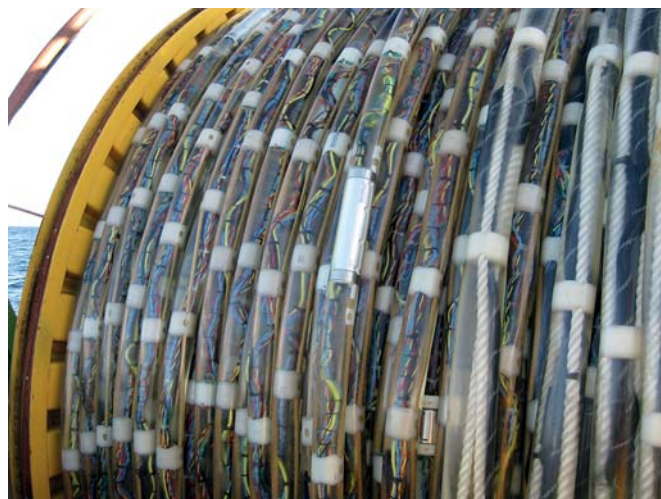


Рис. 9. Российская 192-канальная цифровая коса модели XZoneBottomFish производства компании «Си Технолоджи Инструмент»

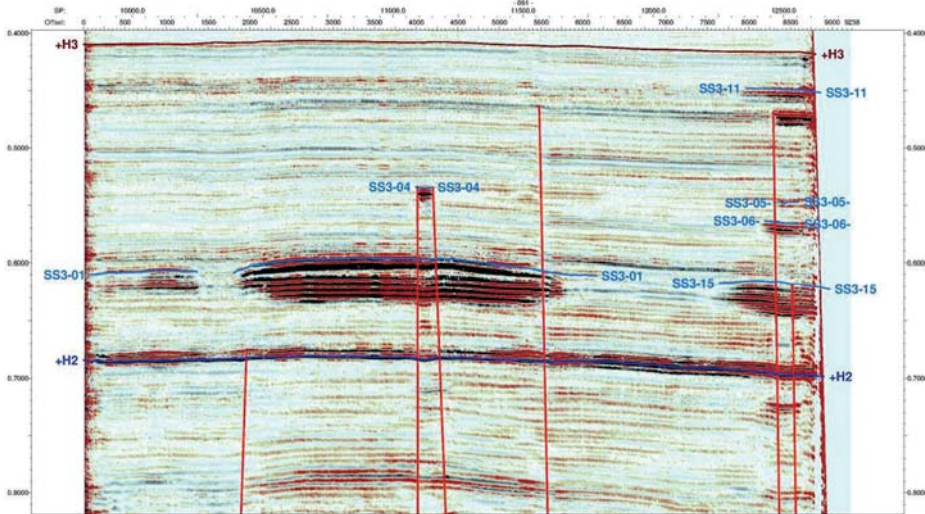


Рис. 10. Сейсмический разрез AVO-атрибута (произведение интерсепта и градиента), иллюстрирующий аномальные участки

показал наличие большого количества амплитудных аномалий разной мощности и размеров в пределах выделенных сейсмических комплексов. Впервые данная технология была применена компанией на акватории Штокмановского газоконденсатного месторождения Баренцева моря [9]. Были выполнены опытно-методические работы, показавшие высокую информативность и эффективность технологии при обнаружении и картировании газовых линз в верхнем слое осадков.

Максимальный риск при проведении буровых работ связан с наличием на сейсмических разрезах амплитудных аномалий, предположительно приуроченных к газонасыщенным отложениям и зонам разрывных нарушений, которые, вероятно, служат каналами миграции газа вверх по разрезу. Для анализа и идентификации аномальных зон нами использовались следующие признаки:

- очень высокие амплитуды отражений (более чем в 10 раз превышающие среднее значение по латерали);
- высокие амплитуды отражений (более чем в 5 раз превышающие среднее значение по латерали);
- инверсия фаз отражений (смена полярности);
- «прогибание» осей синфазности под аномалией, обусловленное уменьшением значений скорости («скоростной эффект»);
- резкое уменьшение амплитуд по латерали, не связанное с разрывными нарушениями;

- поглощение высоких частот под аномалиями;
 - высокие значения AVO-атрибута — произведение интерсепта на градиент;
 - ослабление амплитуд под аномалией;
 - приуроченность аномалий к ослабленным зонам (в т.ч. системам разломов).
- Совокупность всех перечисленных признаков указывает на значительную газосодержательность отложений верхней части разреза. Аномальные зоны характеризуются в основном субгоризонтальной формой по латерали, а также небольшой мощностью (рис. 10) [10].

Для каждого фактора было определено весовое значение. Оценка производилась по 10-балльной шкале. После ранжирования всех составляющих по совокупности вклада каждого из факторов была составлена классификация амплитудных аномалий по степени риска для бурения. Интегрированный показатель оценки степени риска определялся на основе суммы всех составляющих. В итоге была предложена следующая классификация: незначительный — 0; низкий — 1–24; средний — 25–48; высокий — 49–72. Результаты картирования областей аномально высоких амплитуд волнового поля по данным 2D и 3D-съемки приведены на рис. 11 [10].

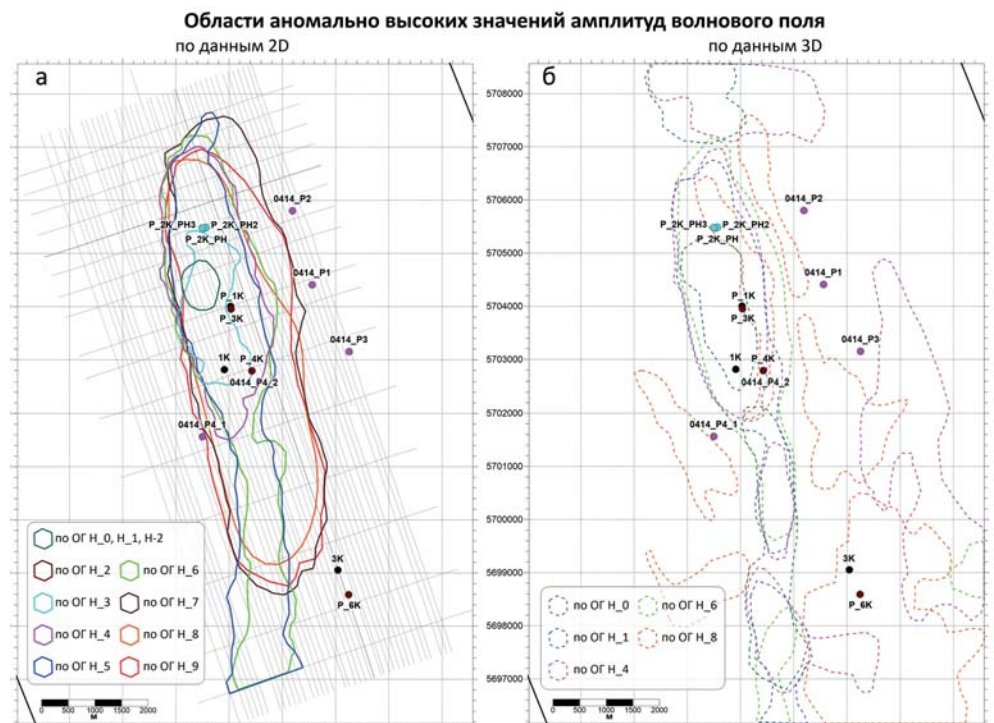


Рис. 11. Пример картирования областей аномально высоких амплитуд волнового поля: а — по данным 2D-съемки; б — по данным 3D-съемки

По результатам оконтуривания всех высокоамплитудных участков строится сводная карта рисков, на которой цветовая гамма соответствует степени риска при проведении буровых работ. Анализ приведенных выше сейсмических данных позволяет выявить основные геолого-геофизические факторы, определяющие условия проходки верхнего интервала и строительства проектной скважины.

Выделенные зоны амплитудных аномалий имеют разную форму, мощность и распространение. Результаты проведенных за последнее время работ с использованием технологии сейсмики высокого разрешения показывают ее высокую эффективность и информативность для детального расчленения верхней части разреза с целью обнаружения газовых линз и залежей газогидратов. Были обследованы лицензионные участки ПАО «Газпром» и ПАО «Роснефть» в Охотском и Карском морях.

По данным высокоразрешающей сейсморазведки наблюдается загазованность разреза, проявляющаяся аномалиями повышенных амплитуд. Выделенные зоны характеризуются рядом признаков, идентифицирующих их с газонасыщенными отложениями, которые, в свою очередь, указывают на вероятность наличия в разрезе зон высоких давлений (АВПД). Таким образом, для более безопасной проходки верхнего ствола скважины рекомендуется при выборе проектных координат расположения буровой платформы исключить участки с разрывными нарушениями, а также минимизировать количество контактов с аномальными зонами повышенных амплитуд по вертикали в точке бурения.

Заключение

ОАО «МАГЭ» за последние несколько лет разработало и внедрило в производство новые технологии при проведении морских геологоразведочных работ, тем самым обозначив новый вектор развития отечественной геофизики. Впервые в мире удалось пересечь северный полюс со всем комплексом геофизических исследований (сейсмика МОВ ОГТ, МОВ МПВ, гравика, локация бокового обзора) и получить новые сведения о строении центральной глубоководной части Северного Ледовитого океана, благодаря использованию технологии подледной сейсморазведки, разработанной в компании.

Использование технологии 4С с донными станциями обеспечивает постепенный переход к многоволновой сейсморазведке. Созданный единый технологический кластер сейсморазведочных работ на шельфе, транзитной зоне и на суше с высоким качеством сейсмической записи позволяет выполнять бесшовную съемку наиболее перспективных участков шельфа России.

Использование сейсмики высокого и ультравысокого разрешения для детального расчленения верхней части разреза с целью обнаружения газовых «линз» и залежей газогидратов, а также для прогнозирования скоплений мелкозалегающего газа в верхней части разреза обеспечивает надежную и эффективную основу для разработки шельфовых месторождений нефти и газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, С.П. Гидрографические исследования в Центральном Арктическом бассейне на надводном судне в интересах обоснования внешней границы континентального шельфа России / С.П. Алексеев, И.Ф. Глузов, А.А. Ледовских и др. // Тр. науч. конф. XIV Съезда Российского географического общества, 11–14 декабря 2010 г. Санкт-Петербург. — СПб.: Изд. РГО, 2010. — С. 101–110.
2. Запорожец, Б.В. Технологии сейсморазведочных работ в зонах мелководья с оборудованием XZone / Б.В. Запорожец, А.Л. Крутов, И.В. Леонтьев // Приборы и системы разведочной геофизики. — 2015. — № 1.
3. Казанин, А.Г. Инновационные технологии при выполнении инженерно-геологических работ на арктическом шельфе России / Г.А. Казанин, Г.С. Казанин, Г.И. Иванов, М.В. Саркисян // Научный журнал Российского газового общества. — 2016. — № 3. — С. 13–18.
4. Казанин, Г.С. Геофизические исследования в районе Северного Полюса / Г.С. Казанин, И.В. Заяц, Г.И. Иванов, Е.С. Макаров, А.С. Васильев // Океанология. — 2016. — Т. 56. — № 2 — С. 333–335.
5. 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.
6. Казанин, Г.С. Инновационные технологии ОАО «МАГЭ» — потенциал для укрепления МСБ арктического шельфа России / Г.С. Казанин, 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.
7. Казанин, Г.С. Комплексная геофизическая экспедиция к северному полюсу — «Арктика-2014» / Г.С. Казанин, Г.И. Иванов, Е.С. Макаров // Научно-технические проблемы освоения Арктики, РАН. — 2015. — С. 162–165.
8. Казанин, Г.С. Инновационная технология подледной сейсморазведки / Г.С. Казанин, А.С. Макаров, А.С. Васильев, А.Н. Прудников, Г.И. Иванов // Нефть. Газ. Новации. — 2015. — № 2. — С. 21–24.
9. Казанин, Г.С. «Геофизик»: новый инженерно-геологический комплекс / Г.С. Казанин, А.С. Макаров, Г.И. Иванов, М.В. Саркисян // Нефть. Газ. Новации. — 2016. — № 1 (183). — С. 60–64.
10. Курносова, О.М. Прогнозирование скоплений мелкозалегающего газа в верхней части разреза на месторождениях Киригинского ЛУ / О.М. Курносова, И.В. Яковлев, С.В. Зиновкин // Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток (ROOGD-2014): тезисы V междунар. конф., Газпром ВНИИГАЗ. — М., 2014. — С. 34–36.
11. Матвеев, Ю.И. Инновационные технологии проведения геологоразведочных работ на нефть и газ в транзитных зонах / Ю.И. Матвеев, С.А. Нечхаев, Г.И. Иванов, М.Л. Верба // Нефть и газ-2004. Секция 2. Геология — Мурманск, 2004.

© Казанин Г.С., Иванов Г.И., Казанин А.Г., 2017

Казанин Геннадий Семенович // kazaning@mage.ru
Иванов Геннадий Иванович // ivanov.gi@mage.ru
Казанин Алексей Геннадьевич // a.kazanin@mage.ru

УДК 551.35 + 553.98 (985)

**Шкарубо С.И., Журавлев В.А., Радченко М.С.,
Неупокова А.А., Бургутто А.Г., Руденко А.А.,
Прокопина М.В. (ОАО «МАГЭ»)**

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ШЕЛЬФА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ: ИТОГИ СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА И ПЕРСПЕКТИВЫ

Рассматривается история становления геологической съемки шельфа и создания комплектов Государственной геологической карты на арктическом шельфе России. В настоящее время на большую часть акватории арктических морей и прилегающей суши составлены листы Государственной геологической карты-1000 третьего поколения, отражающие современное состояние изученности и обновленную оценку