

УДК 550.8

Г.С. Казанин, Г.И. Иванов, А.Г. Казанин, А.С. Васильев, Е.С. Макаров

## Экспедиция «Арктика-2014»: комплексные геофизические исследования в районе Северного полюса

**Ключевые слова:** Северный полюс, Арктическая зона РФ, обоснование внешних границ континентального шельфа, оценка перспектив нефтегазоносности, проект «Арктика-2014», геологоразведка, сейсморазведка.

**Keywords:** North Pole, the Arctic zone of Russian Federation, substantiation of continental sea shelf external borders, assessment of the oil-and-gas bearing capacity, the «Arctic-2014» project, geological survey, seismic prospecting.

В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу» в число важнейших стратегических задач социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации и укрепления национальной безопасности, наряду с защитой государственной границы, включено разграничение морских пространств Северного Ледовитого океана (СЛО). Аналогичные цели обозначены и в «Стратегии развития морской деятельности России до 2030 г.». Поэтому в рамках проекта «Арктика-2014» для ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (ОАО «МАГЭ») в качестве первоочередной задачи предусматривалось проведение геолого-геофизических, гидрографических, картографических и других работ по подготовке материалов для обоснования внешних границ континентального шельфа Арктической зоны РФ.

В предшествующие годы (2010–2012 гг.) при сотрудничестве с рядом организаций выполнен значительный объем гидрографических и комплексных геофизических работ. Полученные результаты [1–5] оказались весьма информативными, однако они, как это нередко бывает в геологической науке, поставили новые вопросы, которые потребовали проведения дальнейших детальных исследований.

Создание МАГЭ в 1972 г. положило начало систематическому изучению геологии морей российского сектора Арктики в первую очередь с точки зрения оценки его нефтегазового потенциала. В настоящее время компания владеет специализированными научно-исследовательскими судами, прошедшими модернизацию: «Геолог Дмитрий Наливкин», «Профессор Куренцов», «Геофизик». В 2013 г. введено в строй новое специализированное геофизическое судно «Николай Трубытчинский», оснащенное твердотельной косой длиной 12 км, однолучевым эхолотом Simrad EA600 (38/200 кГц), а также многолучевыми эхолотами SeaBat 7160 (50 кГц) для глубин до 3000 м и SeaBat 7125-SV2 (200/400 кГц) для глубин до 500 м [1].

### Методика

Несмотря на производственно-технологические трудности из-за введения санкций, а также крайне сложную ледовую обстановку в море Лаптевых и Карском море, в особенности в прибрежной части Ямала, МАГЭ удалось выполнить все намеченные планы в рамках проекта «Арктика-2014». На рис. 1 обозначены основные объекты, на которых экспедиция в 2014 г. выполняла бюджетные работы. Как видно, работы охватывали весь Арктический шельф, включая континентальный склон Восточно-Сибирского моря. Экспедиция впервые вышла на континентальный склон Восточно-Сибирского моря с 8-километровой 648-канальной сейсмической косой. Были получены первые обнадеживающие результаты. В целом, компания выполнила двухмерную сейсморазведку методом отраженных волн способом общей глубинной точки (МОВ ОГТ 2D) более чем 31 тыс. км (16 тыс. км – на бюджетные средства, 15 тыс. км – на средства недропользователей) и трехмерную сейсморазведку около 9 тыс. км<sup>2</sup>, что составило больше половины (59 %) программы 3D-сейсморазведочных работ, проводимых в водах РФ. Работы, выполненные в 2014 г., охватили практически весь Арктический шельф: Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море.

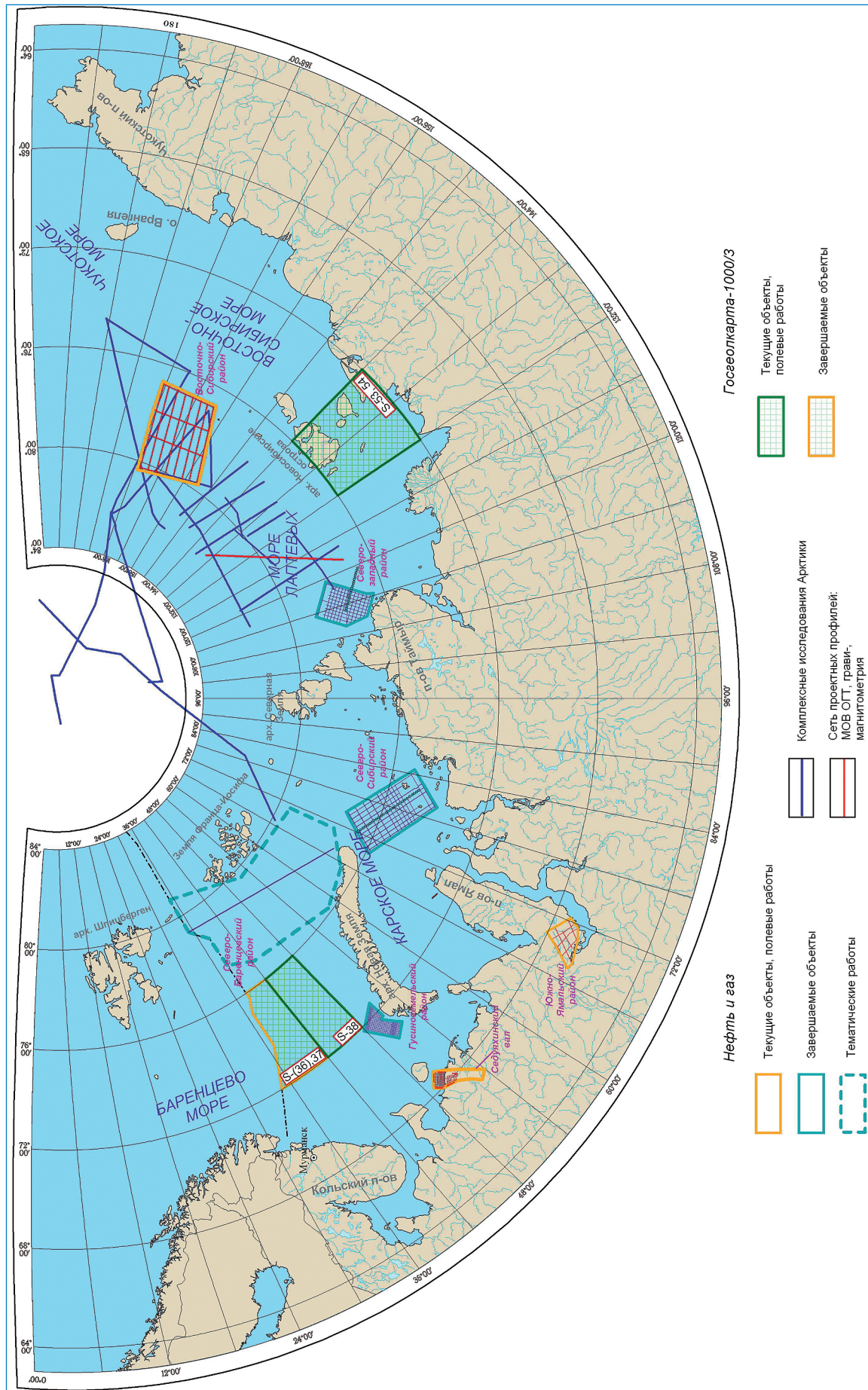


Рис. 1. Обзорная схема геолого-геофизических работ ОАО «МАГЭ» в 2014 г.

Главной задачей проекта «Арктика-2014», отличающей эту экспедицию от всех предыдущих, являлось выполнение комплексных геофизических работ по созданию геолого-геофизической основы оценки перспектив нефтегазоносности региона. В настоящее время ни одна организация в России не способна выполнить весь объем подобных работ самостоятельно. В связи с этим создан альянс квалифицированных организаций-соисполнителей, координация которых поручена ОАО «МАГЭ» как головному предприятию, накопившему в ходе реализации работ в арктических и дальневосточных морях РФ значительный опыт успешного руководства коллективным выполнением комплексных проектов [6].

В процессе работ решались следующие задачи: выявления геолого-структурных связей осадочных бассейнов присклонового прогиба Вилькицкого и прилегающей котловины Подводников с мелководным шельфом восточно-сибирских морей; определения конфигурации и размеров осадочных бассейнов, мощности и структуры осадков и структуры земной коры; определения мощности осадочного чехла на отдельных участках котловин Амундсена, Нансена, Макарова, Подводников II; изучения рельефа морского дна по всем маршрутам съемки. Район исследований охватывает как глубоководную, так и мелководную часть Арктического бассейна. Основными положительными структурами в глубоководной части являются хребет Гаккеля, хребет Ломоносова и поднятие Менделеева, которые разделяют котловины Нансена, Амундсена и Подводников.

В состав экспедиции «Арктика-2014» вошли научно-экспедиционное судно «Академик Федоров» и научно-исследовательское судно «Николай Трубятчинский» при поддержке атомного ледокола «Ямал». Судно «Академик Федоров» было специально переоборудовано для выполнения подледной сейсморазведки. Работы выполнялись с июля по октябрь 2014 г. В экспедиции принимали участие практически все постоянные члены экспедиций в Северный Ледовитый океан:

- организация, планирование работ, обеспечение, общее руководство полевыми работами, непосредственно сейсморазведочные работы осуществлялись ОАО «МАГЭ»;
- экспресс-обработку и контроль качества сейсмического материала обеспечива-

ли ОАО «МАГЭ», ВНИИ «Океангеология», ООО «Моргеонац», ОАО «Севморгео»;

- навигационно-гидрографическое обслуживание, проведение многолучевой батиметрической съемки, гравиметрических работ, предварительную обработку батиметрических, гравиметрических, навигационных данных выполняли ОАО «ГНИНГИ» и ЗАО «Гидро-Си»;
- водолазные работы обеспечивала компания ООО «Балтийский Проект»;
- эксплуатацией судна «Академик Федоров» и оказанием услуг по гидрометеорологическому обеспечению рейса занималось ФГБУ «ААНИИ»;
- за ледокольное обеспечение (ледокол «Ямал») отвечало ФГУП «Атомфлот»;
- авиационную ледовую разведку обеспечивало ЗАО «Авиакомпания Конверс Авиа».

Для подледной сейсморазведки в арктических условиях МАГЭ разработала собственный аппаратный комплекс и инновационную технологию подледной съемки (IPD). Устройство ледовой защиты для буксировки забортного сейсмооборудования судна находится сейчас на стадии патентования.

Система заглубления сейсмического оборудования – ледовая защита – позволяет выполнять работы в сложных ледовых условиях и буксировать оборудование подо льдом. Большая часть работ проходила во льдах сплоченностью 9–10 баллов и толщиной до 160 см. На некоторых профилях встречались двухлетний лед толщиной до 240 см и торосы до 4 м. Зачастую ледокол «Ямал» сначала пробивал себе дорогу, а после возвращался и пробивал дорогу для «Академика Федорова». Тем не менее работы были выполнены.

Сейсмические работы МОВ ОГТ выполнялись в двух вариантах – с приемным устройством длиной 4500 м (с жидким наполнителем) и с твердотельной косой 600 м – в сочетании с зондированием методами отраженных и преломленных волн (МОВ–МПВ). Кроме того, был отработан профиль глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Для регистрации сейсмического сигнала использовалась цифровая 24-битовая коса Sercel Seal. В зависимости от длины косы число каналов варьировалось от 48 до 360. Каждая группа имела 16 гидрофонов GeoPoint Export. Расстояние между пунктами возбуждения колебаний составляло 50 м, шаг дискретизации – 2 мс, длина записи – 12 с. Точность планово-высотной привязки

пунктов физических наблюдений оказалась не хуже  $\pm 10$  м (1 % глубины). Глубина буксировки приемного устройства менялась в зависимости от ледовых условий в пределах 10–15 м, местами достигала 20 м. В качестве источников возбуждения использовались группы пневмоисточников Bolt 1500 и Bolt 1900/8500 APG объемом 0,021 м<sup>3</sup>.

Для определения скоростных характеристик основных границ в осадочном чехле и построения скоростной модели в комплексе с работами МОВ ОГТ выполнялись сейсмические работы МОВ–МПВ с применением радиотелеметрической системы сбора сейсмических данных BOX и плавающего модуля телеметрического сейсмического комплекса BOX с гидрофоном MP-24L3 (GeoSpace). Шаг дискретизации составил 4 мс, расстояние между зондированиями – не более 50 км. Длина годографа равнялась 15–25 км при длине записи 8–12 с.

Для выполнения ГСЗ использовался модернизированный аппаратный комплекс, состоящий из самовсплывающих автономных донных сейсмических станций с многокомпонентной цифровой регистрацией сейсмического сигнала (АДГС-2М, АДСС-5000), сейсмического низкочастотного пневматического источника СИН-6 и бортовых устройств управления. Подрыв на профилях выполнялся по времени каждые 150 с: шаг дискретизации – 8 мс, длина сейсмической записи – 60 с.

Для площадного изучения рельефа дна вдоль профилей использовался многолучевой эхолот EM122 (1×2°) и резервный однолучевой эхолот EA 600 (12 кГц) норвежской фирмы Kongsberg Maritime AS. Дополнительную информацию о верхней части разреза и рельефе дна получали профилографом TOPAS PS 18 (18 кГц).

Гравиметрическая съемка в рейсе осуществлялась одновременно двумя мобильными гравиметрами: «Чекан-АМ») и гравиметрическим комплексом «Шельф-Э»). Перед началом работ были проведены все необходимые подготовительные работы, в том числе откалиброваны оба гравиметра. В г. Наантали (Финляндия) перед началом и по окончании рейса выполнялись опорные гравиметрические наблюдения.

## Результаты

Общий объем комплексной гидрографогеофизической съемки составил более 10 тыс. км (рис. 2). Комплекс работ включал сеймораз-

ведку МОВ ОГТ (работу с 600-метровой косой в сочетании с зондированиями МОВ–МПВ в объеме 3373,200 км и работу с 4500-метровой косой в объеме 5596,950 км), съемку рельефа дна и гравиметрическую съемку. Дополнительно к этому выполнена съемка 1165,900 км рельефа дна в комплексе с гравиметрической съемкой.

Контроль качества данных подтверждает пригодность сейсмического материала МОВ ОГТ 2D для решения поставленных геологических задач: поверхность акустического фундамента и отражающие границы в осадочной толще прослеживаются на большей части разрезов уверенно и непрерывно. Впервые в мире удалось пересечь Северный полюс со всем комплексом геофизических работ (сеймика МОВ ОГТ, ОГТ МПВ, гравика, локация бокового обзора) (см. рис. 2). Если А.Н. Чилингарову в свое время удалось только взглянуть с борта глубоководного обитаемого аппарата «Мир» на поверхность океанского дна в районе Северного полюса, то экспедиция «Арктика-2014» пошла дальше: непрерывно «просветила» дно на 4–5 км и попыталась «увидеть» нефтяные залежи. В настоящее время продолжается обработка полученного материала.

\*\*\*

Необходимо подчеркнуть, что впервые в районе полюса выполнены комплексные геофизические исследования, включавшие сейморазведку 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. Специальное оборудование для подледной сейморазведки разработано, изготовлено ОАО «МАГЭ» и установлено на НИС «Академик Федоров». Общий объем исследований составил более 10000 км.

За всеми соответствующими геологическими открытиями и техническими решениями стоит упорный труд коллектива МАГЭ – каждого из 530 сотрудников Морской арктической геологоразведочной экспедиции [7]. Выполненные в экспедиции в ОАО «МАГЭ» в 2014 г. комплексные геофизические исследования позволили существенно усилить аргументацию Российской Федерации при обосновании внешней границы континентального шельфа. В частности,

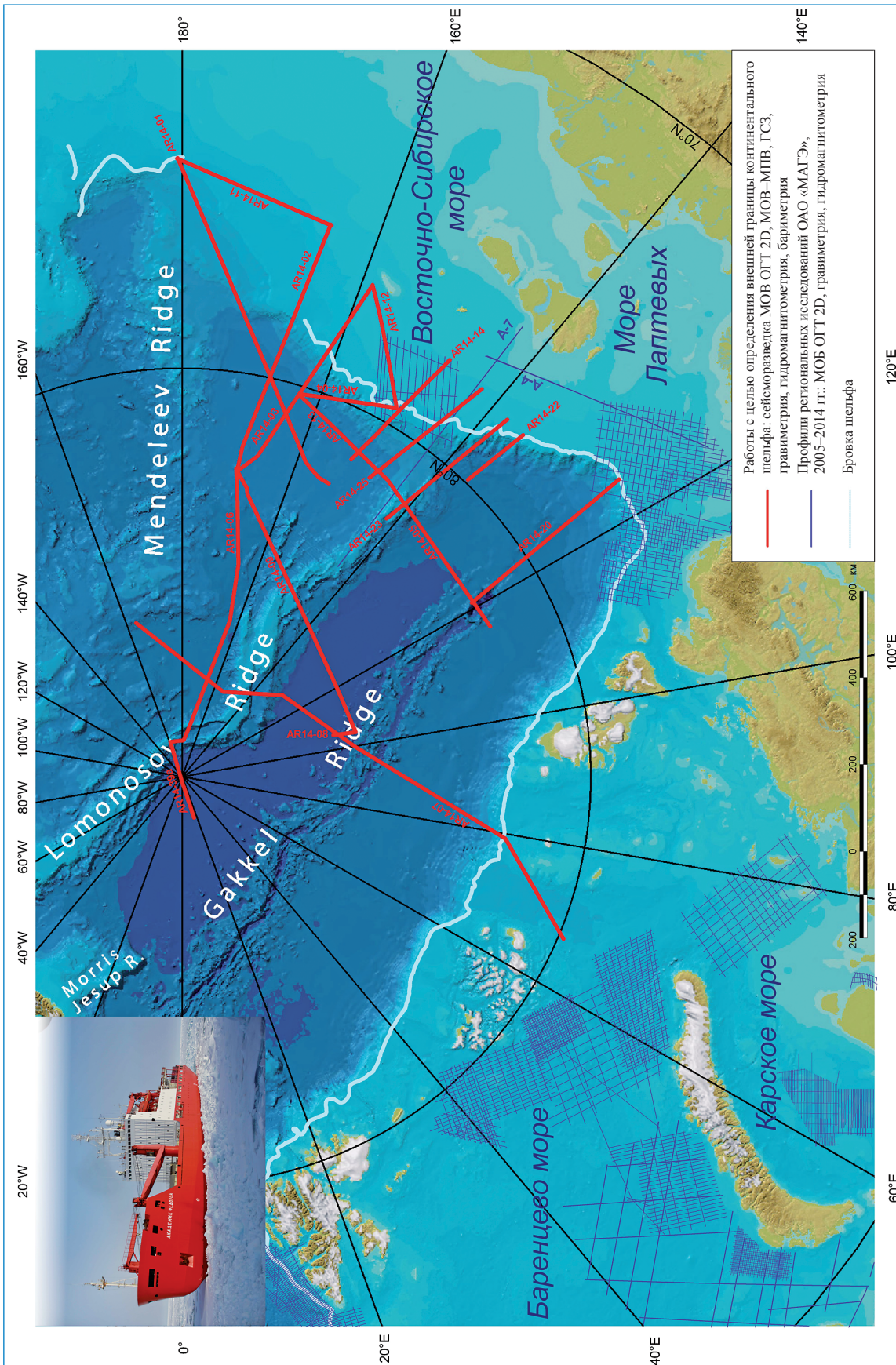


Рис. 2. Результаты экспедиции «Арктика-2014»

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 исследова-

ния 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. Информация о скоростях сейсмических волн в осадочном чехле, полученная в экспедиции в результате зондирований МОВ–МПВ, позволит корректно построить глубинные разрезы вдоль отработанных профилей.

### Список литературы

1. Алексеев С.П. Батиметрические исследования ОАО «ГНИНГИ» в центральной части Арктики / С.П. Алексеев, А.Ф. Зеньков, С.Б. Курсин, К.Г. Ставров // Навигация и гидрография. – 2010. – № 30. – С. 9–17.
2. 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. Глумов, А.А. Ледовских, К.Г. Ставров и др. // Труды Научной конференции XIV съезда Российского географического общества, 11–14 декабря 2010 г., Санкт-Петербург. – СПб.: Изд. РГО, 2010. – С. 101–110.
3. Ледовских А.А. Комплексные исследования для обоснования внешней границы континентального шельфа Российской Федерации на Северном Ледовитом океане / А.А. Ледовских, И.Ф. Глумов, С.П. Алексеев и др. // Труды 10-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ. – СПб.: Химиздат, 2011. – С. 291–297.
4. Шкатов М.Ю. Первая российская скважина на дне Северного Ледовитого океана / М.Ю. Шкатов, Г.И. Иванов // Океанология. – 2013. – Т. 53. – № 4. – С. 569–572.
5. Glumov I.F. A Challenge in the Arctic. Bathymetric survey for delineation of the extended continental shelf of the Russian Federation / I.F. Glumov, A.F. Zenkov, D.M. Zhilin // Hydro international. – 2012. – № 1. – P. 27–30.
6. Иванов Г.И. Морская геофизика на самом современном уровне / Г.И. Иванов // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 1. – С. 28–30.
7. 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.