

Казанин Г.С.¹, Поселов В.А.², Заяц И.В.¹, Иванов Г.И.¹, Макаров Е.С.¹, Васильев А.С.¹, Смирнов О.Е.² (1 — ОАО «МАГЭ» Мурманск, Москва, Санкт-Петербург, 2 — ФГБУ «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга»)

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

*Рассмотрены новые данные, полученные в результате использования инновационных технологий ОАО «МАГЭ» в рамках выполнения исследований в районе центральной глубоководной части Северного Ледовитого океана. Результаты выполненных работ позволили создать согласованную сейсмостратиграфическую модель, увязанную с данными скважины ACEX IODP 302 на хребте Ломоносова. Непрерывное прослеживание осадочных комплексов с шельфа в прилегающую глубоководную область позволяет сделать вывод об общности эволюционной истории структур континентальной окраины Восточной Арктики и провинции Центрально-Арктических подводных поднятий. **Ключевые слова:** ОАО «МАГЭ», Арктика, инновационные технологии, подледная сейсмозвездка, Центрально-Арктические поднятия, сейсмостратиграфическая модель, осадочный чехол.*

Kazanin G.S.¹, Poselov V.A.², Zayats I.V.¹, Ivanov G.I.¹, Makarov E.S.¹, Vasiliev A.S.¹, Smirnov O.E.² (1 — MAGE, Murmansk, Moscow, St. Petersburg, 2 — VNIIOkeangeologia)

COMPLEX GEOPHYSICAL STUDIES OF THE CENTRAL DEEP-WATER PART OF THE ARCTIC OCEAN

*The article considers new data obtained as a result of the use of the innovative technologies of JSC «MAGE» in the framework of the research of the central deep-water part of the Arctic Ocean. The results of the performed works made it possible to create an agreed seismostratigraphic model linked to the ACEX IODP 302 well data on the Lomonosov Ridge. Continuous tracking of sedimentary complexes from the shelf to the adjacent deep water area allows us to conclude that the evolutionary history of the structures of the continental margins of the Eastern Arctic and the province of the Central Arctic underwater rises is common. **Keywords:** JSC «MAGE», Arctic, innovative technologies, subsea seismic survey, Central Arctic uplifts, seismostratigraphic model, sedimentary cover.*

В районе Северного полюса для обоснования внешних границ континентального шельфа Арктической зоны РФ в предшествующие годы при сотрудничестве с рядом организаций был выполнен значительный объем гидрографических и комплексных геофизических работ. Полученные результаты, отраженные в публикациях [1, 2, 5, 8, 10, 12], оказались весьма информативными, однако они поставили новые вопросы, которые потребовали проведения дальнейших детальных исследований.

Главной задачей экспедиции «Арктика-2014», отличающей ее от всех предыдущих, являлось выполнение

комплексных геофизических работ с целью создания геолого-геофизической основы для оценки перспектив нефтегазоносности континентального шельфа Северного Ледовитого океана за пределами 200-мильной экономической зоны. Основными геологическими задачами экспедиции, впервые выполнявшей такой комплекс геофизических работ на Северном полюсе, являлись:

выявление геолого-структурных связей осадочных бассейнов присклонового прогиба Вилькицкого и прилегающей котловины Подводников с мелководным шельфом Восточно-Сибирских морей;

определение конфигурации и размеров осадочных бассейнов, мощности и структуры осадков и структуры земной коры;

определение мощности осадочного чехла на отдельных участках котловины Амундсена (Нансена, Макарова, Подводников II);

изучение рельефа морского дна по всем маршрутам съемки.

Район исследований охватывает как глубоководную, так и мелководную части Арктического бассейна. Основными положительными структурами в глубоководной части являются хр. Гаккеля, хр. Ломоносова и поднятие Менделеева, которые разделяют котловины Нансена, Амундсена и Подводников. К мелководной части района работ относятся шельфы арктических морей. Существенная часть проектных профилей пересекает континентальный склон.

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].

Методика

Основой подледной технологии является устройство ледовой защиты (УЛЗ). При выполнении работ на акваториях, покрытых льдом, возникает необходимость в обеспечении крепления сейсмического оборудования и пневмоисточников ниже поверхности воды для исключения контакта буксируемых устройств со льдом. УЛЗ устанавливается на корме судна и позволяет зафиксировать магистрали пневмоисточников и сейсмическую косу вдоль устройства. Тем самым оно выполняет функцию защиты буксируемых устройств от плавающего на поверхности льда. Более подробно данное устройство описано в статье Казанин А.Г., Казанин Г.С., Иванов Г.И. и др. в этом сборнике.

Работы были выполнены в июле–октябре 2014 г. В состав экспедиции входили НЭС «Академик Федоров» и НИС «Николай Трубятчинский» при поддержке атомного ледокола «Ямал» [7]. Судно «Академик Федоров» было специально переоборудовано для выполнения подледной сейсмозвездки. Сейсмические работы МОВ ОГТ выполнялись в двух вариантах: с при-

емным устройством длиной 4 500 м и с твердотельной косой 600 м в сочетании с зондированиями МОВ МПВ. Для регистрации сейсмического сигнала использовалась цифровая 24-битовая коса Sercel SEAL. Число каналов, в зависимости от длины косы, изменялось от 48 до 360. В каждой группе было 16 гидрофонов GEOPPOINT EXPORT. Расстояние между пунктами возбуждения колебаний составляло 50 м. Шаг дискретизации был равен 2 мс, длина записи — 12 сек. Точность планово-высотной привязки пунктов физических наблюдений была не хуже ± 10 м, 1 % от глубины. Глубина буксировки приемного устройства менялась в зависимости от ледовых условий в пределах 10–15 м, местами до 20 м. В качестве источников возбуждения использовались группы пневмоисточников Bolt 1500 и Bolt 1900/Bolt 8500APG объемом 1 300 куб. дюйм [7].

Для определения скоростных характеристик основных границ в осадочном чехле и построения скоростной модели в комплексе с работами МОВ ОГТ были выполнены сейсмические работы МОВ-МПВ. Исследования выполнялись радиотелеметрической системой сбора сейсмических данных ВОХ вместе с плавающим модулем телеметрического сейсмического комплекса ВОХ с гидрофоном MP-24L3 (GeoSpace). Шаг дискретизации составил 4 мс, расстояние между зондированиями — не более 50 км. Длина годографа была равна 15–25 км при длине записи 8–12 сек. [6].

Кроме того, был отработан профиль ГСЗ. Для выполнения сейсмических работ 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 [7]. Подрыв на профилях выполнялся по времени каждые 150 сек. Шаг дискретизации — 8 мс, длина сейсмической записи — 60 сек. На волновых полях зондирований ГСЗ в первых вступлениях выделяются преломленные волны, связанные с границами в осадочном чехле и внутри коры. Зарегистрирована отраженная волна от границы М (PmP), которая начинает проследиваться с удалений 40–60 км на протяжении почти всего профиля, достаточно уверенный интервал прослеживания составляет 60–80 км, в отдельных случаях достигая 100–110 км.

Для площадного изучения рельефа дна вдоль профилей был использован многолучевой эхолот EM122 (1 × 2 градуса) Kongsberg Maritime AS (Норвегия) и резервный однолучевой эхолот EA 600 12 кГц той же фирмы [1, 12].

С целью получения дополнительной информации о верхней части разреза и рельефе дна был применен профилограф TOPAS PS 18 — 18 кГц.

Гравиметрическая съемка в рейсе осуществлялась одновременно двумя гравиметрами: гравиметр мобильный Чекан-АМ и мобильный гравиметрический комплекс Шельф-Э. Перед началом работ были про-

ведены все необходимые подготовительные работы, оба гравиметра были откалиброваны. В г. Наантали (Финляндия) перед началом рейса и по его окончанию были выполнены опорные гравиметрические наблюдения.

Результаты

В полевых работах принимали участие следующие организации: ОАО «МАГЭ», ФГУП «Атомфлот», ФГБУ «ААНИИ», ФГБУ «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», ООО «Моргеонац», ОАО «Севморгео», ОАО «ГНИНГИ», «ГидроСи», ООО «Балтийский Проект», ЗАО «Авиакомпания Конверс Авиа». За организацию, планирование работ, техническое обеспечение, общее руководство полевыми работами и непосредственно проведение сейсморазведочных исследований отвечала компания МАГЭ. ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга принимала участие в подготовке и планировании рейса и интерпретации. Общий объем комплексной гидрографо-геофизической съемки составил более 10 000 км: МОВ ОГТ с 600-метровой косой в сочетании с зондированиями МОВ МПВ — 3 373,2 км; с 4 500-метровой косой — 5 596,950 км; съемка рельефа дна и гравиметрическая съемка. Дополнительно к этому было выполнено 1 165,9 км съемки рельефа дна в комплексе с гравиметрической съемкой (см. карту фактического материала на стр. 5, рис. 2 этого сборника).

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 позже возвращался и прокладывал дорогу для НЭС «Академик Федоров».

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. Уверенно прослеживаются все отражающие горизонты по их классификации, принятой для восточно-арктических морей [6, 7, 9, 13].

В ходе работ впервые был выполнен непрерывный сейсмический профиль AR1407, пересекающий все основные структуры Евразийского бассейна: котловину Амундсена, хр. Гаккеля, котловину Нансена. Результаты выполненных работ позволили создать согласованную сейсмостратиграфическую модель, увязанную с данными скважины ACEX IODP 302 на хр. Ломоносова [6, 9, 11, 13, 14] и на сопоставлении мест выклинивания основных осадочных комплексов у поверхности акустического фундамента (АВ) с положением линейных магнитных аномалий (ЛМА) [3], определяющих возраст фундамента. Всего в соответствии с этими принципами в котловинах Евразийского бассейна прослеживаются три главных несогласия (рис. 1).

Верхнее несогласие контактирует с поверхностью акустического фундамента в окрестности ЛМА 13 (33 млн лет, олигоцен) и по этому признаку интерпре-

тируется как региональное предмиоценовое (RU). Одновозрастное несогласие выделяется на хр. Ломоносова и соответствует главному в разрезе скважины АСЕХ перерыву или замедлению в осадконакоплении. Формирование RU в Евразийском бассейне, возможно, связано с изменением энергетического режима осадконакопления, инициированным открытием прохода пролива Фрама.

Среднее, наиболее яркое несогласие, соприкасается с поверхностью акустического фундамента в промежулке между ЛМА 24 (53 млн лет, верхний палеоцен) и ЛМА 20 (44 млн лет, средний эоцен). Это несогласие идентифицируется как нижнеэоценовое (ЕоU).

Нижнее несогласие контактирует с поверхностью акустического фундамента в окрестности ЛМА 24 (53 млн лет, верхний палеоцен) и по этому признаку интерпретируется как посткампанское (pCU). Одновозрастное (по данным АСЕХ) несогласие выделяется на хр. Ломоносова и соответствует второму продолжительному перерыву в седиментации 57–80 млн лет. Формирование посткампанского несогласия, как предполагается, предшествовало началу спрединга в Евразийском бассейне. Несогласие является кровлей верхнемелового комплекса, образовавшегося как синрифтовый на континентальной коре в зоне рифтогенеза.

Полученные данные показали ассиметричное строение фундамента котловин Нансена и Амундсена относительно современной оси спрединга на хр. Гаккеля. Обращает на себя внимание не только смещение к югу от оси хребта рифтовой долины хр. Гаккеля, но и отсутствие явной сопоставимости в характере сейсмической записи в котловинах Нансена и Амундсена. В то же время общая мощность осадочного чехла в котловине Нансена, по крайней мере, в два раза превышает мощность осадочного чехла котловины Амундсена.

Сравнительный анализ согласованных по отраженным и рефрагированным Р-волнам значений интервальных скоростей одновозрастных осадочных комплексов в котловинах Амундсена и Нансена по данным экспедиции 2014 г. показывает определенные закономерности. Если в миоцен-четвертичном комплексе скорости практически идентичны (1,8–2,3 км/с в котловине Амундсена; 1,9–2,3 км/с в котловине Нансена), то в эоцен-олигоценном комплексе (2,4–2,7 км/с в котловине Амундсена; 2,7–3,3 км/с в котловине Нансена) и палеоцен-эоценовом комплексе (2,8–3,5 км/с в котловине Амундсена; 3,5–4,2 км/с в котловине Нансена) существенно отличаются. Различия в значениях интервальных скоростей Р-волн в домиоценовых комплексах чехла двух котловин Евразийского бассейна можно объяснить разными поставщиками терригенных осадков. Для котловины Нансена — это классическая пассивная окраина — Баренцево-Карский шельф — континентальная окраина Евразийской литосферной плиты; для котловины Амундсена — морфоструктуры провинции Центрально-Арктических подводных поднятий. Этим же можно объяснить и существенно меньшую (в ≈ 1,5 раза) общую мощность осадочного чехла в котловине Амундсена.

Еще одним принципиально важным сейсмическим профилем для понимания эволюции Арктического бассейна, выполненным в экспедиции 2014 г., стал профиль AR1401, который позволил проследить структуру осадочного чехла от шельфа Восточно-Сибирского моря в котловину Подводников (рис. 2). В результате анализа полученных данных, в ходе

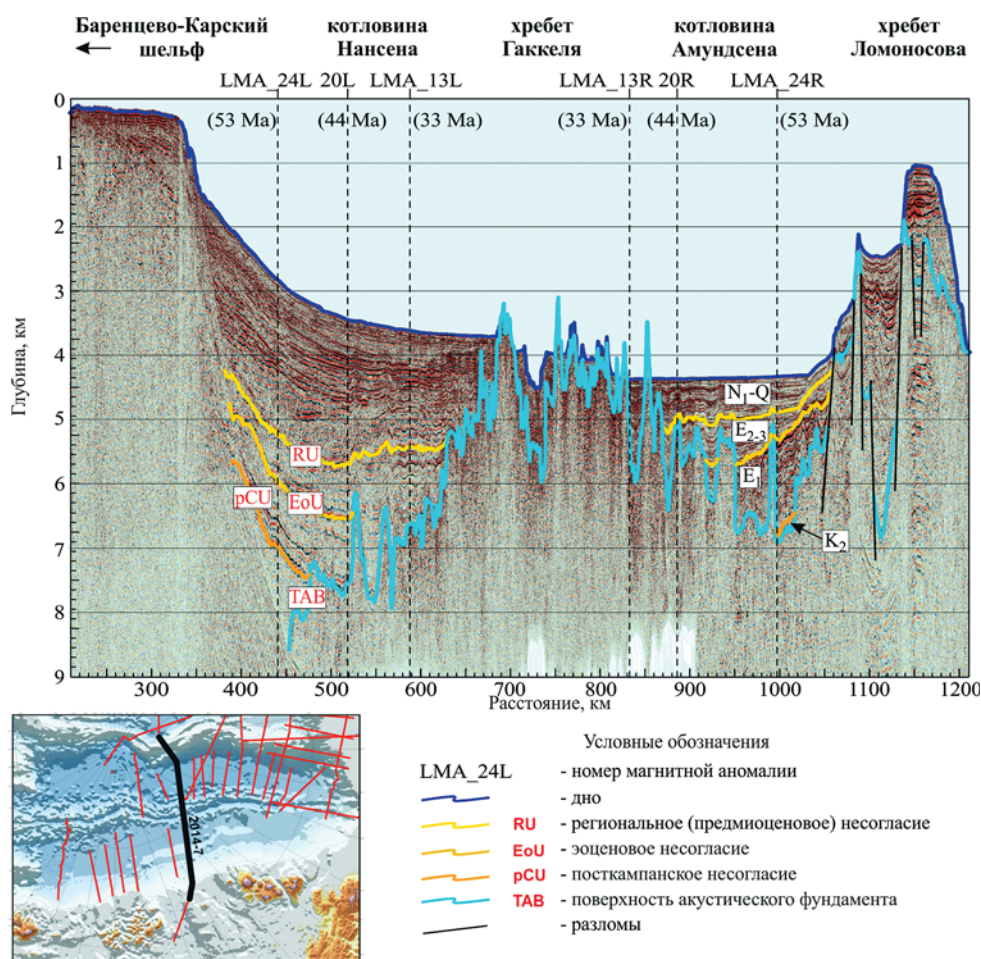


Рис. 1. Интерпретированный фрагмент разреза МОВ ОГТ AR1407 (шельф Баренцева моря — хребет Ломоносова)

которого привлекались сейсмические материалы, полученные в экспедициях более ранних годов («Шельф-2011» и «Арктика-2012»), в пределах провинции Центрально-Арктических подводных поднятий Американо-Арктического бассейна было выделено 7 сеймостратиграфических комплексов (ССК).

В кайнозойской части осадочного чехла сейсмические данные коррелируют с сейсмическим разрезом АW1-91090, калиброванным бурением АСЕХ IODP 302 на хр. Ломоносова (профиль проходит через скважину) [9]. В соответствии с датировкой прослеженных несогласий RU и pCU выделены два сеймокомплекса (сверху вниз по разрезу): ССК-1 — N₁-Q (нижний миоцен — плейстоцен) и палеогеновый ССК-2 — E₁-E₂/E₃ (верхний палеоцен — средний эоцен / в котловинах олигоцен). Оба сеймокомплекса непрерывно прослеживаются с хр. Ломоносова в котловину Подводников, прогиб Вилькицкого, на поднятие Менделеева, а также через транзитную зону на шельф Евразии.

Неогеновый комплекс ССК-1 сформировался после открытия пролива Фрама и представлен гемипелагическими отложениями. По данным АСЕХ его вещественный состав — алевриты с песчаными прослоями. Согласованные (по отраженным и рефрагированным Р-волнам) значения интервальных скоростей в ССК-1 изменяются в пределах 1,8–2,8 км/с.

Палеогеновый комплекс ССК-2 характеризуется крайне незначительной мощностью на хр. Ломоносова (менее 200 м), поднятию Менделеева и на западе/северо-западе котловины Подводников (здесь не более 300–400 м). По данным бурения он сформировался в неритовой обстановке осадконакопления после раскола Лавразии на Евразийскую и Северо-Американскую литосферные плиты. Большая часть котловины Подводников с маломощным палеогеновым комплексом может рассматриваться как погруженный фланг хр. Ломоносова. Согласованные значения интервальных скоростей Р-волн в ССК-2 изменяются в пределах 2,9–3,3 км/с.

Интерпретация докайнозойских комплексов осадочного чехла провинции Центрально-Арктических подводных поднятий базировалась на проецировании заверенных бурением (на побережье и шельфе Аляски

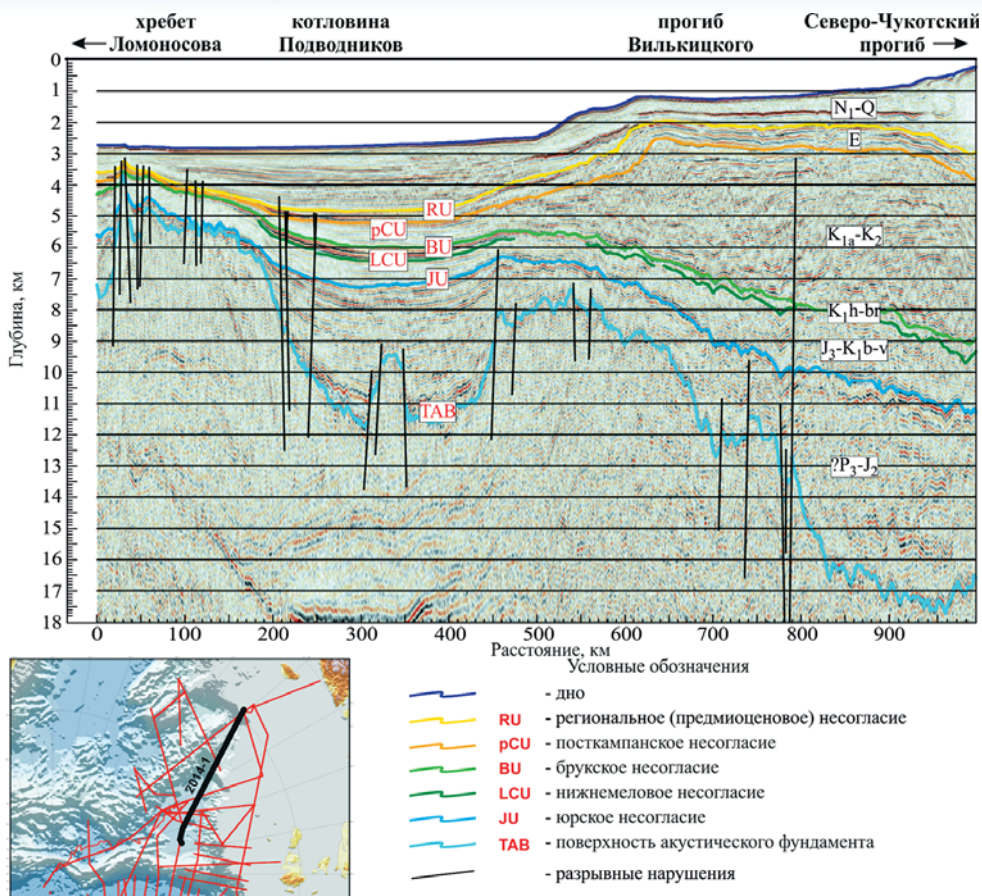


Рис. 2. Интерпретированный разрез МОВ ОГТ AR1401 сечения Северо-Чукотский прогиб — котловина Подводников

[14]) региональных сеймостратиграфических реперов в Северо-Чукотский прогиб и идентификации в осадочном чехле последнего брукского BU, нижнемелового LCU и верхнеюрского JU несогласий, а также на установленном факте непрерывного трассирования BU, LCU и JU из Северо-Чукотского прогиба в прогиб Вилькицкого и котловину Подводников на основе данных сейсмического профиля AR1401. Таким образом, докайнозойский разрез представлен четырьмя сеймостратиграфическими комплексами (ССК-3, 4, 5, 6).

ССК-3 ограничен несогласиями pCU и BU, нижнебрукский комплекс ассоциируется с последней стадией магматизма HALIP (80–90 млн лет), включает терригенные отложения (алевиты, песчаники) апта-альба и верхнего мела. Сейсмofации комплекса имеют признаки бокового наращивания палеошельфа в Северо-Чукотском прогибе и лавинной седиментации в условиях неглубокого моря в прогибе Вилькицкого и котловине Подводников. Мощность комплекса ССК-3 изменяется от 3 000–5 000 м на шельфе в области распространения клиноформ (бокового наращивания палеошельфа) до ≈ 1 000 м в прогибе Вилькицкого и до 100–300 м вплоть до полного выклинивания в котловине Подводников. Согласованные по отраженным и рефрагированным Р-волнам значения интервальных скоростей в ССК-3 в Северо-Чукотском прогибе из-

меняются в диапазоне 3,8–3,9 км/с, в котловине Подводников оцениваются значениями 3,5–3,7 км/с.

ССК-4 ограничен несогласиями BU и LCU, комплекс сформировался в течение первой стадии магматизма HALIP (130–120 млн лет), включает терригенные отложения нижнего мела (K1h-br). Внутренняя структура комплекса характерна для терригенных отложений. По данным бурения на шельфе Аляски в его составе преобладают сланцы, алевриты и песчаники. Мощность комплекса в Северо-Чукотском прогибе и прогибе Вилькицкого не превышает 300–400 м, в северной и западной частях котловины Подводников комплекс выклинивается. Согласованные значения интервальных скоростей Р-волн изменяются от 3,9–4 км/с в Северо-Чукотском прогибе до 3,8 км/с в котловине Подводников.

Комплекс ССК-5 ограничен несогласиями LCU (либо BU+LCU) и JU и включает верхнеюрские — нижнемеловые терригенные отложения (J_3 - K_1b-v), представленные в основном сланцами и песчаниками. Комплекс характеризуется сейсмофациями лавинной седиментации, синхронен рифтовому комплексу на шельфе Аляски, отделяющему брукский структурный этаж от элсмирского. В Северо-Чукотском прогибе в составе комплекса выявлены высокоскоростные отложения (до 4,5 км/с) мощностью до ≈ 2000 м. В области перехода из Северо-Чукотского прогиба в котловину Подводников в районе седловины мощность комплекса сокращается до 800–1000 м, сохраняясь приблизительно такой же в пределах всей котловины. В котловине Подводников ССК-5 характеризуется согласованными значениями интервальных скоростей Р-волн 3,8–4 км/с.

ССК-6 ограничен несогласием JU и акустическим фундаментом (AB), элсмирский комплекс включает отложения ранней и средней юры и, возможно, более древние осадки (?P₃-J₂). Его внутренняя структура характеризуется фрагментарной слоистостью, соответствующей слабо стратифицированным терригенным отложениям. Мощность комплекса в депоцентре Северо-Чукотского прогиба достигает ≈ 6000 м при интервальной скорости Р-волн от 4,8 до 5,8 км/с. Комплекс непрерывно продолжается в прогиб Вилькицкого, где его мощность в депоцентре сокращается до ≈ 4000 м, а согласованные значения интервальных скоростей Р-волн уменьшаются до 4,1–4,3 км/с. За пределы прогиба Вилькицкого и Чукотской впадины ССК-6 не прослеживается.

Все описанные сеймостратиграфические комплексы непрерывно прослеживаются из шельфового Северо-Чукотского прогиба в прогиб Вилькицкого, котловину Подводников, в Чукотскую впадину, а верхние из них — в котловину Макарова, на хр. Ломоносова, поднятие Менделеева и Чукотское плато. Непрерывное прослеживание осадочных комплексов с шельфа в прилегающую глубоководную область позволяет сделать вывод об общности эволюционной истории структур континентальной окраины Восточной Арктики и провинции Центрально-Арктических подводных поднятий.

Выводы

В заключение необходимо подчеркнуть, что впервые в мире 10 августа 2014 г. в районе полюса были выполнены комплексные 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 (см. рис. 4 на стр. 6 этого сборника). 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.

Выполненные в экспедиции комплексные геофизические исследования позволили существенно усилить аргументацию Российской Федерации при обосновании внешней границы континентального шельфа. В частности, анализ временных разрезов МОВ ОГТ позволил увязать стратификацию осадочного чехла мелководных шельфов Восточно-Сибирского и Чукотского морей и стратификацию в глубоководной котловине Подводников. На основе полученных данных принята генеральная концепция новой стратификации, которая была 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. Информация о скоростях сейсмических волн в осадочном чехле, полученная в экспедиции в результате зондирований МОВ МПВ, позволит корректно построить глубинные разрезы вдоль отработанных профилей.

ЛИТЕРАТУРА

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 и др. // Тр. науч. конф. XIV Съезда Российского географического общества, 11–14 декабря 2010 г. Санкт-Петербург. — СПб.: Изд. РГО, 2010. — С. 101–110.
3. Глебовский, В.Ю. История формирования Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана по результатам геосторического анализа аномального магнитного поля / В.Ю. Глебовский, В.Д. Каминский, А.Н. Минаков, С.А. Меркурьев, В.А. Чилдерс, Д.М. Брозина // Геотектоника. — 2006. — Вып. 4. — С. 21–42.
4. 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.
5. Казанин, Г.С. Геофизические исследования ОАО «МАГЭ» в Северном Ледовитом океане на хребте Ломоносова / Г.С. Казанин, И.В. Заяц, Е.С. Макаров и др. // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. — М.: ГЕОС, 2011. — Вып. 3. — С. 19–30.
6. 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.

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. 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.

9. Поселов, В.А. Сейсмостратиграфия осадочного бассейна котловины Подводников и Северо-Чукотского прогиба / В.А. Поселов, В.В. Буценко, С.М. Жолондз, А.В. Жолондз, А.А. Киреев // *ДАН*, 2017. — Т. 474. — № 5. — С. 1–5.

10. 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.

11. Backman, J. Sites M0001-M0004 / J. Backman, K. Moran, D.B. McIntroy et al // *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program*. — 2006. — V. 302. — P. 169.

12. 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.

13. Kazanin, G.S. (2016). The Tectonic Map of the East Siberian Sea: the Undisturbed Paleozoic Cover (According to the Data Acquired by MAGE) / G.S. Kazanin, G.I. Ivanov, M.L. Verba, T.A. Kirillova-Pokrovskaya (2016). Paper Number: 676. Abstract 35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa. (<http://www.americangeosciences.org/information/igc>)

14. Sherwood, K.W. Structure and Stratigraphy of the Hanna Trough, U.S. Chukchi Shelf, Alaska / K.W. Sherwood, P.P. Johnson, J.D. Craig et al. // *Geological Society of America Special Paper*. — 2002. — Vol. 360. — P. 39–66.

© Коллектив авторов, 2017

Казанин Геннадий Семенович // kazanin@mage.ru
Поселов Виктор Антонович // vap@vniio.nw.ru
Заяц Игорь Владимирович // zayatsi@mage.ru
Иванов Геннадий Иванович // ivanov.gi@mage.ru
Макаров Евгений Станиславович // makarov@mage.ru
Васильев Андрей Станиславович // vasilev@mage.ru
Смирнов Олег Евгеньевич // smirnov.olegevg@gmail.com

УДК 551.24:551.46 (268.45)

Кириллова-Покровская Т.А. (ОАО «МАГЭ»)

РАЗРАБОТКА АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ГЛУБОКОВОДНЫХ ЗОН ДЛЯ УТОЧНЕННОЙ ОЦЕНКИ ЕГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Работа базируется на авторской интерпретации геолого-геофизических материалов, полученных ОАО «МАГЭ» в море Лаптевых и сопредельных мелководных и глубоководных бассейнах (35 000 кв. км) в период 1985–2016 гг. и сейсмических данных СМНГ-BGR (около 1 400 кв. км) 1993–1997 гг. **Ключевые слова:** карта, горизонт, глубина, мощность, локальное поднятие, дизъюнктивные нарушения, структурно-тектоническое районирование, нефтегазоносность, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, Евразийский бассейн, область Центрально-Арктических поднятий, СЛО, Арктика.

Kirillova-Pokrovskaya T.A. (MAGE)

DEVELOPMENT OF THE ACTUAL GEOLOGICAL MODEL OF THE LAPTEV SEA AND ADJACENT DEEP-WATER ZONES FOR THE UPDATED ESTIMATE OF ITS HYDROCARBON POTENTIAL

*The work is based on the author's interpretation of geological and geophysical data acquired by JSC «MAGE» in the Laptev Sea and adjacent shallow- and deep-water basins (35,000 km²) in the period from 1985 till 2016, and seismic data acquired by SMNG-BGR (about 1400 km²) in the period of 1993–1997. **Keywords:** map, reflector, depth, thickness, local high, faults, structural and tectonic zoning, hydrocarbon potential, Laptev Sea, East Siberian Sea, Eurasian basin, Central Arctic high area, Arctic Ocean, Arctic.*

Район исследований ограничен рамками листов S49-55 и T49-55 и включает шельф моря Лаптевых, переходящий в глубоководный Евразийский бассейн — котловину Нансена, хребет Гаккеля, котловину Амундсена и западную часть Восточно-Сибирского моря, переходящую в структуры области Центрально-Арктических поднятий Американо-Сибирского бассейна — хребет Ломоносова, котловину Подводников (рис. 1).

Результаты обобщения сейсмических исследований в совокупности с данными потенциальных полей и их трансформаций позволили разработать актуализированную сейсмогеологическую модель моря Лаптевых и сопредельных глубоководных зон и на базе этой модели создать структурно-тектоническую основу для нефтегазогеологического районирования. В ходе исследований были выявлены косвенные признаки наличия углеводородов (УВ) в ловушках различного типа, закартировано более 50 ловушек структурного типа, выполнена оценка нефтегазового потенциала Лаптевоморского континентального склона и сопредельных глубоководных зон.

Сейсмогеологическая модель. Региональные события, создавшие современную структуру и тектонический облик океанического пространства в Арктике, образовали поверхности несогласий (опорные отражающие горизонты), которые, в значительной мере сохраняя корреляционные признаки, прослеживаются в волновых полях разрезов, полученных МАГЭ и СМНГ в мелководных Лаптевоморском, Восточно-Сибирском морях, глубоководных Евразийском и Американо-Сибирском (Макарова) бассейнах и в районах Западно-Шпицбергенского и Эуреканского складчатонадвиговых поясов [5–8, 10, 15]. Хронологическая очередность развития осадочного чехла в Лаптевоморском бассейне и сопредельных с ним океанических структур Арктическо-Атлантического сегмента Земли складывается в следующий событийный сценарий:

(1) — апт-альбская эпоха, с которой связан последний этап верхоянской складчатости в среднем апте и начало рифтинга в бассейне моря Лаптевых около 125–55 млн лет назад;

(2) — раскол континентальной коры в Евразийском бассейне и начало спрединга океанической коры (breakup unconformity) 55,8 млн лет назад;