

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ В ХОДЕ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-21 ПЛАВУЧЕГО УНИВЕРСИТЕТА

^{1,2} Кудинов А.А., ^{3,4} Потемка А.К., ¹ Пальцев И.О., ⁵ Никонова Е.Н., ^{1,2} Киль А.О.

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

³ ООО «Сплит», Москва, Россия

⁴ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁵ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Настоящая работа посвящена методике выполнения геофизических исследований в ходе экспедиции Плавучего университета TTR-21 в северную часть Карского моря. Работы проведены во второй половине лета 2022 г. на НИС «Академик Борис Петров». В качестве геофизических методов использованы сейсморазведка сверхвысокого разрешения, акустическое профилирование и многолучевое эхолотирование.

Ключевые слова: *Карское море, Плавучий университет, TTR-21, морская геофизика, сейсморазведка сверхвысокого разрешения, акустическое профилирование*

Введение. В период с 10 июля по 23 августа 2022 года на НИС «Академик Борис Петров», принадлежащего ИО РАН, состоялась двадцать первая экспедиция Плавучего университета ЮНЕСКО-МГУ «Обучение через исследования-TTR-21». Объектом исследований была выбрана относительно мало исследованная северная часть Карского моря, вблизи о. Уединения (Рис. 1) [Токарев, 2022].

В ходе исследований применялся широкий набор методов: геологический пробоотбор (с первичным литологическим описанием, гидрогеологическим, геохимическим и петрофизическими анализами), комплекс сейсмоакустических и гидроакустических методов (сейсморазведка сверхвысокого разрешения (ССВР), акустическое профилирование (АПр), многолучевое эхолотирование (МЛЭ)), а также микробиологические исследования. В задачи рейса входили [Токарев, 2022]:

1. изучение геоморфологии и четвертичного разреза дна Карского моря;
2. определение границы последнего (Сартанского) оледенения;
3. поиск признаков газопроявления и зон флюидоразгрузки.

Настоящая работа освещает методику выполнения геофизических исследований, в частности сейсмоакустических исследований, которые проводились как по классическому методу многократных перекрытий (методу отраженных волн в модификации общей глубинной точки, МОВ-ОГТ), так и по его модификации с применением мультисигментного источника [Потемка, 2022].

Сейсмическая аппаратура. В ходе сейсмоакустических исследований использовался электроискровой источник SplitMultiSeis Sparker и накопитель энергии MultiJack 5000HP6.0. Центральная частота излучаемых сигналов составляла порядка 220 и 600 Гц. В качестве приемного оборудования использовалась одна или две 16-канальных сейсмических косы SplitMultiSeis Streamer 16ch с шагом 2 м между гидрофонами и сейсмостанция SplitMultiSeis Station. Период дискретизации был равен 0.0625 или 0.125 мс в зависимости от центральной частоты сигнала. Длина записи выбиралась между значениями 450, 700 и 950 мс в зависимости от глубины до дна и используемой методики работ. Сбор и визуализация полученных материалов происходила при помощи специализированного программного обеспечения «SborEx Server» и «SborEx View».

Методики сейсмоакустических исследований. В процессе выполнения сейсмоакустических исследований применялись разные методики сбора полевых материалов в зависимости от геологических условий работ. Так большая часть съёмки была выполнена с использованием одного источника (центральная частота возбуждаемого сигнала 220 Гц) и одной косы. Буксировка заборного оборудования осуществлялась с

координатной плоскости. После выполнялась процедура контроля качества данных, при которой рассчитывались и визуализировались атрибуты среднеквадратичной амплитуды сигнала, среднеквадратичной амплитуды шума по заданным окнам и соотношение сигнал/шум.

Следующим этапом обработки являлась сигнальная обработка сейсмических материалов, а именно полосовая фильтрация и ввод поправки за сферическое расхождение. Далее для сейсмограмм ОГТ вводились кинематические поправки с постоянным скоростным законом. Стоит отметить, что для второй раскладки (с двумя косами) выполнялся скоростной анализ, что позволяло уточнить скоростной закон. После сейсмограммы ОГТ суммировались, полученные сейсмические разрезы подвергались F-K миграции Столта.

Остальные геофизические исследования. Отдельно стоит упомянуть о применении гидроакустического комплекса, состоящего из параметрического профилографа ATLAS Hydrographic «Parasound», обеспечивающий возможность сбора данных в трехчастотных диапазонах (7 кГц, 17 кГц и 38 кГц с углом диаграммы направленности $4,5^\circ \times 4,5^\circ$), многолучевого эхолота Teledyne SeaBat T50 ER, с возможностью регистрации «амплитуды обратного рассеяния сигнала», используемого в гидролокации бокового обзора. Съёмка проводилась 1024-мя лучами с углом диаграммы направленности $1^\circ \times 1^\circ$, центральной частотой 200 кГц и сигналом модулированной частоты (FM) с длиной импульса до 8 мс.

Стоит отметить, что данные методы выполнялись параллельно с сейсмоакустическими исследованиями. Кроме того, в процессе проведения геологического пробоотбора особое внимание уделялось данным с профилографа, получаемым в реальном времени, что позволяло уточнять позицию пробоотбора в зависимости от наблюдаемых осадков.

Заключение. Таким образом, использованный комплекс методов отлично зарекомендовал себя в ходе экспедиции. Полученные геофизические материалы подвергались дальнейшей геологической интерпретации с целью выделения объектов опасных геологических процессов, изучения геоморфологии дна Карского моря и других.

Авторы выражают благодарность экипажу НИС «Академик Борис Петров». Экспедиционные работы выполнялись при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках:

1. плана-программы экспедиционных исследований МГУ имени М.В. Ломоносова по теме «Особенности четвертичного седиментогенеза, рельефообразования и природной флюидоразгрузки на морском дне в северо-восточной части Карского моря» и «Обучение-через-исследования на Арктическом шельфе»;

2. государственного задания Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) «Дополнительное обеспечение системы образования в области морских наук – подготовка молодого кадрового резерва по научно образовательной программе «Плавучий университет» на основе комплексных исследований морей России и Мирового океана».

ЛИТЕРАТУРА

Потемка А.К., Сергеев А.А., Кудинов А.А., Пальцев И.О., Никонова Е.Н. Инновационные технологии мультимастотных сейсмоакустических исследований современных геологических процессов на шельфе // Труды XI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2022)»

Токарев М.Ю. Предварительные результаты научно экспедиционных работ в северной части Карского моря в рамках программы Плавучего университета «Обучение через исследования» (TTR-21) // Труды XI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2022)»

GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS IN THE NORTHERN PART OF THE KARA SEA DURING EXPEDITION TTR-21 OF FLOATING UNIVERSITY

^{1,2} *Kudinov A.A.*, ^{3,4} *Potemka A.K.*, ¹ *Palcev I.O.*, ⁵ *Nikonova E.N.*, ^{1,2} *Kil A.O.*

¹ Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg, Russia

³ JSC «Split», Moscow, Russia

⁴ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁵ Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

This work is devoted to the methodology for performing geophysical research during the expedition of the Floating University TTR-21 to the northern part of the Kara Sea. The work was carried out in the second half of the summer of 2022 on the R/V «Akademik Boris Petrov». Ultra-high resolution seismic, acoustic profiling and multibeam echo sounding were used as geophysical methods.

Keywords: *Kara Sea, Floating University, TTR-21, marine geophysics, ultra-high resolution seismic, acoustic profiling*