

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОННОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ НА ПРИМЕРЕ ОБУСТРОЙСТВА ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕНОМЫССКОЕ МОРЕ**

**Кудинов А. А.**

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,  
artem.kudinov@gmail.com*

В настоящее время при проведении инженерно-геологических исследований на акваториях применяют геофизические методы для изучения верхней части разреза (ВЧР). Особое место при данных исследованиях занимают сейсморазведочные методы. Инженерная сейсморазведка на акваториях выполняется в основном тремя способами: непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСАП), метод отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ-ОГТ) с использованием буксируемых систем наблюдения, сейсморазведка с применением донных систем наблюдения.

Использование донных систем наблюдения по сравнению с остальными способами проведения сейсморазведочных работ имеет ряд преимуществ (Рослов и др., 2015), в частности возможность проведения наблюдений в условиях газонасыщенных грунтов в ВЧР. Такие условия как раз характерны для газового месторождения Каменомысское море.

Инженерно-геофизические работы с применением донных систем наблюдения на месторождении Каменомысское море проходили летом 2020 года. Планирование данных работ было нацелено на получение данных о строении верхней части разреза, основываясь на информации обменных и поверхностных волн, а также низкочастотных волн, на которые в меньшей степени влияет рассеянный газ в ВЧР.

Входе работ были поставлены следующие задачи: изучение ВЧР, установление границ многолетнемерзлых пород, обнаружение, идентификация и нанесение на карту потенциальных геологических и техногенных опасностей, которые могут повлиять на проектирование, строительство и эксплуатацию объектов обустройства на месторождении. Сейсморазведочные работы с применением донных систем наблюдения, а именно с донными станциями (ДС) FireField Z700 и с использованием двух пневмоисточника Sleeve Gun I, выполнялись по двум площадкам размерами 900\*900 м. На первой площадке ДС были расставлены по равномерной сети наблюдения с шагом 150 м. На второй площадке ДС были расставлены по такой же сети наблюдения, однако на центральных профилях (субширотном и субмеридиональном) ДС были расставлены с шагом 75 м. Также в центре площадки был выделен полигон 200\*200 м, где ДС были расставлены с шагом 25\*50 м. Таким образом, на первой площадке было использовано 49 ДС, на второй — 100 ДС. Линии отстрела были заданы так, чтобы они проходили над линиями наблюдений (в субширотном и субмеридиональном направлениях). Шаг между пунктами взрыва был равен 5 м.

На полученных сейсмограммах зафиксированы поверхностные и преломленные волны (рис. 1), что дает основание для обработки материалов методом MASW (multichannel analysis of surface waves) (Park et al., 1999) и МПВ (метод преломленных волн) способом  $t_0$  (Гурвич и Боганик, 1980) и способом 2D сейсмотомографии (Nowack and Li, 2009). Пример результата комплексной обработки данных указанными способами с приведенными скважинными данными представлен на рисунке 2.

При изучении результатов обработки данных вышеуказанными способами и результатов бурения по обеим площадкам были сделаны следующие выводы:

1. При анализе распределения скоростей поперечных волн, полученных по методу MASW, и конфигурации границ, полученных по данным бурения, наблюдается в целом повторение изолиний 200–250 м/с с конфигурацией границы супесь-песок (первая инженерно-геологическая граница).
2. Результаты 2D сейсмотомографии позволяют выделить вторую инженерно-геологическую границу по изолинии 1550 м/с.
3. Преломляющая граница, полученная по способу  $t_0$ , совпадает со

второй инженерно-геологической границей и повторяет поведение изолиний на обоих скоростных разрезах.

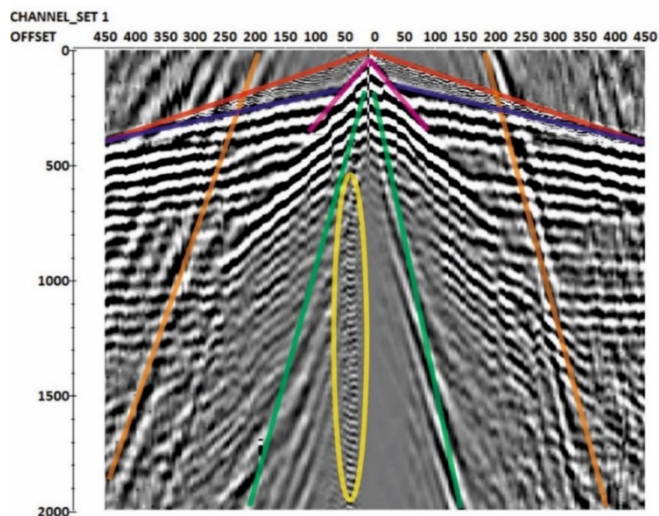


Рис. 1. Пример сейсмограммы после применения полосового фильтра (Ormsby bandpass filter 1–2–220–225 Гц) с указанием выделенных волн. Красной линией указана водная волна, фиолетовой—продольная волна по грунту (кажущаяся скорость 0.4 км/с) синей—преломленная волна (кажущаяся скорость порядка 1.8 км/с), зеленой—поверхностные волны Шольте, оранжевой—сигнал от поверхностных волн Шольте с предыдущего выстрела, желтой—шум от судна. Параметры визуализации: нормализация—индивидуальная, коэффициент усиления—0.732.

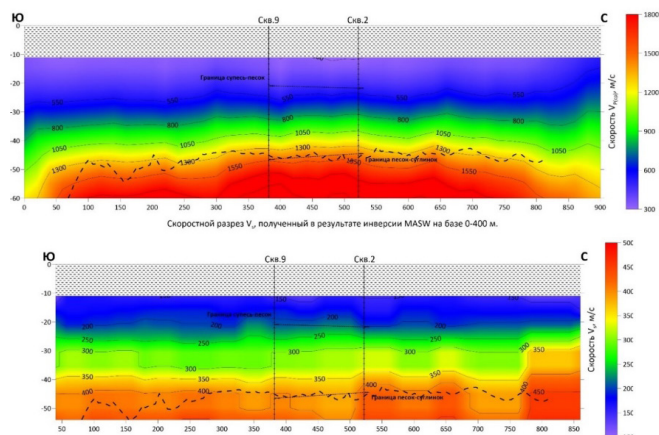


Рис. 2. Пример результатов обработки данных с одного из центральных профилей с указанием скважинных данных. Пунктирной линией указана граница, полученная по способу  $t_0$ .

Таким образом, комплекс методов позволяет выполнить картирование инженерно-геологических границ по исследуемым площадкам с достаточной точностью. В свою очередь классические методы сейсморазведки в данных условиях показали бы скудный результат из-за наличия газонасыщенных осадков.

В дальнейшем планируется обработка данных МПВ способом 3D сейсмотомографии и поверхностно-волновой томографии (Яновская, 2015) для более детального изучения площадок в пространстве.

#### Литература

1. Гурвич И. И., Боганик П. Н. *Сейсмическая разведка. Москва: Недра, 1980. 551 с.*
2. Рослов Ю. В., Воронов М. А., Григоренко Ю. Н., Аккуратов О. С. *Импортозамещающая технология выполнения сейсмических исследований на мелководье в транзитной зоне // Разведка и охрана недр. 2015. № 2. С. 44–48.*
3. Яновская Т. Б. *Поверхностно-волновая томография в сейсмологических исследованиях. Санкт-Петербург: Наука, 2015. 164 с.*
4. Nowack R. L., Li C. *Seismic Tomography // Handbook of Signal Processing in Acoustics. 2009. P. 1635–1653*
5. Park C. B., Miller R. D., Xia J. *Multichannel analysis of surface waves // Geophysics. 1999. Vol. 64. № 3. P. 800–808.*