

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ 2D/3D СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА МЕЛКОВОДЬЕ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ.

**Терёхина Яна Евгеньевна¹, Соловьева Марина Андреевна¹,
Хлебникова Оксана Александровна¹, Токарев Михаил Юрьевич¹,
Горбачев Сергей Викторович², Нурмухамедов Тимур Ваисович²,
Мятчин Олег Михайлович²**

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

² *ООО «РН-Шельф-Арктика»*

Введение

В настоящее время интересы нефтегазовой отрасли сфокусированы на поиске новых и освоении уже известных месторождений на обширных шельфовых акваториях Арктических морей. Сложность и большая стоимость проведения морских полевых работ в арктических широтах требует использования всех уже имеющихся данных с максимальной эффективностью. В связи с этим, возрастает актуальность включения материалов стандартных 2D/3D сейсморазведочных работ для решения инженерно-геологических задач.

Целью данной работы была разработка методики комплексной обработки и интерпретации данных 2D/3D сейсморазведки с данными инженерно-геологических изысканий (ИГИ) для изучения строения верхней части разреза (ВЧР) и поиска геологических опасностей, на примере мелководной акватории Печорского моря. Данная технология актуальна на этапе, предшествующем планированию ИГИ, с целью оценки геологических условий и выбора наиболее оптимального участка для проведения изысканий и объема работ.

Данные и методы

На акватории Печорского моря за последнее десятилетие отснят большой объем данных стандартных сейсморазведочных работ (СР) 2D и 3D, покрывающие основные выявленные структуры Печорского моря. Малая глубина акватории и низкий частотный состав стандартной сейсморазведки накладывают ограничения на использование данных 2D/3D СР для решения инженерно-геологических задач [Terekhina et al., 2015]. Для расширения возможностей интерпретации данные сейсморазведки были обработаны по специальному графу, нацеленному на сохранение информации в первых сотнях метров ниже морского дна [Terekhina et al., 2016].

Классические алгоритмы интерпретации в данной задаче были недостаточно эффективны, что привело к разработке нового подхода к анализу геофизических данных, их сопоставления и комплексирования с выдачей обоснованных результатов с использованием данных разного типа. Например, производился расчет амплитудных и частотных атрибутов по несуммированным данным. Этот приём показал высокую эффективность для выявления различных геологических аномалий и ранжирования опасностей, в том числе палеорусел, приповерхностного газа и других объектов. Особое внимание в работе уделяется идентификации и верификации обнаруженных геологических особенностей на данных 3D/2D с архивными инженерно-геофизическими данными: сейсмическими и сейсмоакустическими материалами (СВР, ССВР, СУВР и ВЧ НСАП).

Интерпретация

В результате специальной обработки были получены данные с сохранением особенностей строения верхней части разреза, как для структурной, так и для динамической интерпретации, что позволило выявить и идентифицировать особенности геолого-геофизического строения. На исследуемой площади были обнаружены следующие виды малоглубинных и глубинных опасных геологических процессов и явлений (ОГПиЯ):

газонасыщенные отложения, палеорусла, многолетнемерзлые породы, скопления грубообломочного материала, разрывные нарушения и посткриогенные деформации.

В данной работе особое внимание акцентировано на палеоруслах, поскольку они являются одними из самых распространённых объектов на исследуемой площади, а также необходимость их картирования при подготовке площадки к бурению продиктована наличием латеральной изменчивости литологического состава грунтов, что может оказать негативное влияние на устойчивость буровых сооружений. Кроме того, проход бурильной колонной разуплотненных отложений, заполняющих врезы, может сопровождаться «вывалами» грунта и загрязнением ствола скважины. В некоторых интервалах возможно повышенное поглощение бурового раствора.

Первым этапом интерпретации был анализ как суммированных 2D/3D данных, так и атрибутов, рассчитанных по сейсмограммам, который позволил обнаружить множество фрагментов палеоврезов, охарактеризовать их и с высокой точностью оконтурить. При этом, на сейсмических вертикальных разрезах эти объекты достаточно сложно выявить в связи с низкой вертикальной разрешенностью записи и особенностью систем наблюдений (отсутствием ближних удалений). Региональный масштаб исследования позволил проследить их на большой площади и объединить в крупную сеть палеоврезов, продолжающую русло современной Печоры, что при детальных работах на отдельных площадках ИГИ невозможно (Рис. 1).

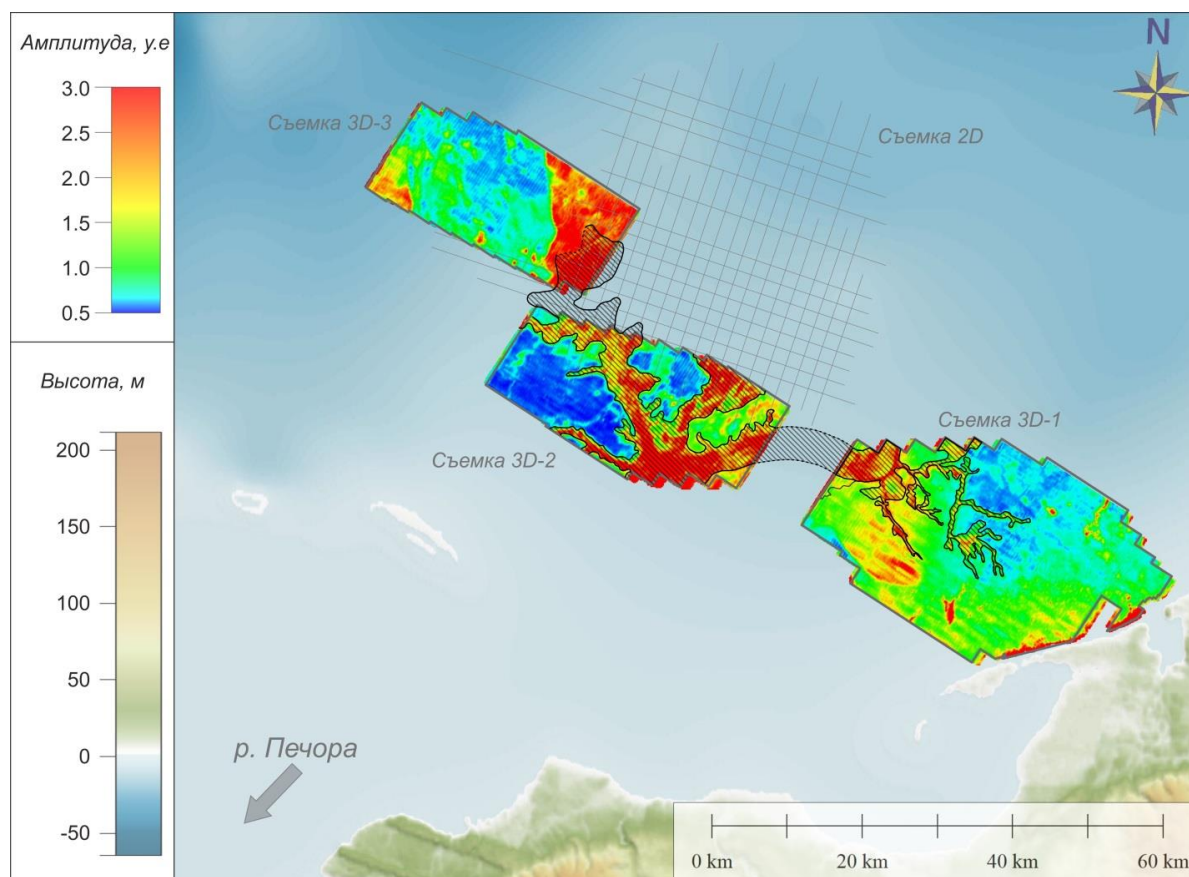


Рис. 1. Карта исследуемого участка с рассчитанными атрибутами по 3D и нанесенными контурами палеорусел.

Вторым этапом работ являлась оценка характеристик выявленных объектов более высокочастотными методами, например, с использованием данных ИГИ и материалов региональных инженерно-геофизических съёмок. Данные СВР, ССВР и ВЧ НСАП применялись для оценки поглощения, уточнения глубины объекта и верификации результатов. Привлечение амплитудных и частотных атрибутов, акустическая инверсия, скорости сейсмических волн и AVO-анализ позволяют значительно повысить достоверность идентификации ОГПиЯ. Комплексный подход к выявлению ОГПиЯ требует применения как

«качественного», так и «количественного» анализа геолого-геофизических данных и последующего поэтапного уточнения выдвинутых предположений при детализации работ.

На разрезах по данным ССВР в пределах контуров обнаруженной на первом этапе сети палеоврезов выявлены аномальные зоны, представленные фрагментами высокоамплитудных рефлекторов с обратной полярностью, ниже которых наблюдаются эффекты прогибания и частичного экранирования отражающих горизонтов (Рис. 2Б). Однако их вогнутая форма и распространение в плане не противоречит их интерпретации в качестве палеоврезов, заполненных газонасыщенными осадками.

Таким образом, сопоставление выявленных аномалий по данным 3D/2D сейсморазведки с сейсмоакустическими данными позволило выявить ключевые особенности внутреннего строения палеорусел и распространить их для всех элементов данной сети палеоврезов (Рис. 2А).

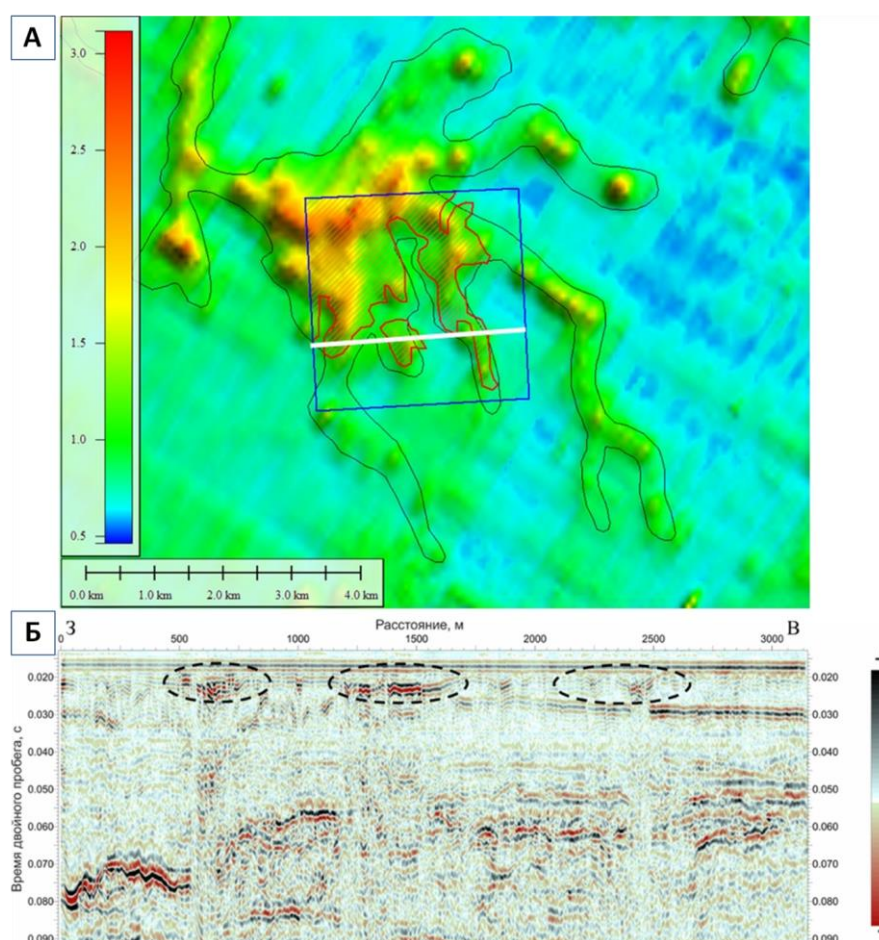


Рис. 2. Карта сопоставления границ палеоврезов (А), выделенных по результатам атрибутного анализа данных 3D (чёрные контуры), и областей распространения газонасыщенных осадков, выделенных по результатам анализа данных ИГИ (красные контуры) в пределах площадки ИГИ (синий квадрат). Белой линией показано положение профиля СВР. Б - Пример профиля СВР с выделенными зонами аномалий, связанных с наличием газонасыщенных осадков.

В зонах отсутствия 3D данных, для прослеживания областей распространения аномалий привлекались 2D архивные сейсмические данные. В зависимости от классификации данных [Горбачев и др., 2020] съемки разных лет можно было использовать для специальной обработки. Основные ограничения были связаны с низким частотным составом записи, отсутствию ближних удалений и нестабильности источников, что существенно усложняло обработку данных для решения задач ВЧР. Тем не менее, на некоторых профилях СР 2D удалось проследить низкочастотные и низкоамплитудные интервалы разреза, характеризующиеся прогибанием осей синфазности (Рис. 3А). Совместная интерпретация с

данными 3D СР позволила идентифицировать данную аномальную зону как фрагмент палеовреза.

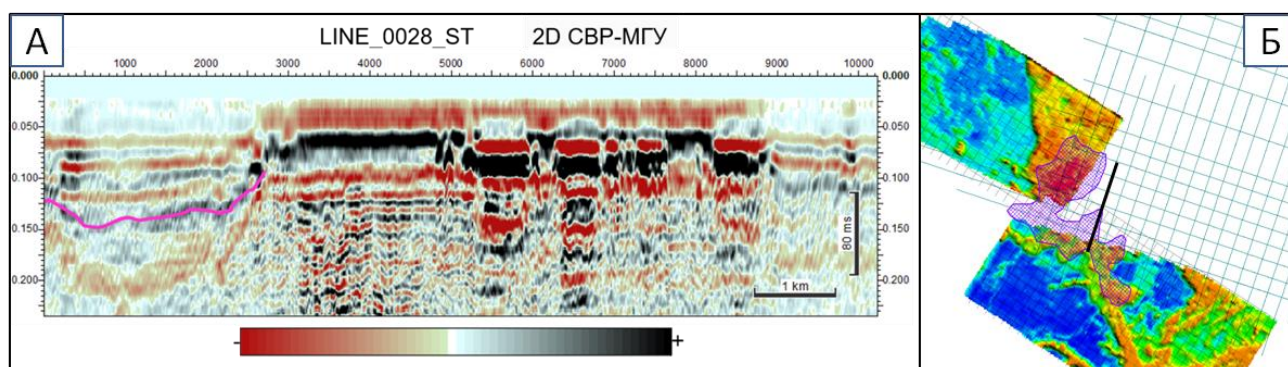


Рис. 3. А – фрагмент 2D сейсмического профиля. Розовой линией выделена предполагаемая подошва палеовреза. Б – сопоставление контура вреза, выделенного по 2D, с амплитудным атрибутом, рассчитанным по сейсмограммам 3D.

Заключение

Комплексный анализ 2D/3D сейсмических данных и материалов инженерно-геологических изысканий позволил выявить, закартировать и описать распространение различных геологических особенностей и аномалий на акватории Печорского моря. В том числе: палеоврезов, многолетнемерзлых пород, скоплений приповерхностного газа, тектонических нарушений и других. Изучение этих объектов только в пределах площадок ИГИ не дает масштабного представления о геологии верхней части разреза, что требует дополнительных исследований. Привлечение 2D/3D сейсмических данных позволяет эффективно прогнозировать распространение опасных геологических процессов и явлений на большой территории, однако требует развития специализированных методов камеральной обработки и интерпретации данных для решения таких задач.

Эффективным инструментом выявления и ранжирования аномалий является анализ атрибутов по несуммированным данным, который показал высокую надежность и может быть использован на разных циклах работ для повышения информативности результатов.

Комплексный анализ данных сейсморазведки 2D/3D и региональных и площадных инженерно-геофизических изысканий на этапе разведки месторождения позволяет оценить инженерно-геологические условия, локализовать области возможного распространения опасных геологических процессов и выбрать наиболее оптимальные участки для проведения ИГИ.

Использование разработанного подхода к специальной обработке и интерпретации сейсмических данных 2D и 3D для предварительного выявления аномалий и их ранжирования позволяет скорректировать программу подготовки к бурению и разработки объектов на шельфе, тем самым оптимизировать временные и финансовые затраты.

Список литературы

Горбачев С.В., Никульников А.Ю., Нурмухамедов Т.В. Возможности, методы и примеры повышения качества переобработки морских сейсморазведочных данных, как инструменты получения новой геолого-геофизической информации // Приборы и системы разведочной геофизики, Саратов, №4, 2020.

Terekhina Y. E., Tokarev M. Y., Pirogova A. S., Roslyakov A. G., Shalaeva N. V., and Semenova A. A. Approach to 3D seismic data interpretation for drilling geohazard assessment. In Near Surface Geoscience 2015, EAGE, 2015.

Terekhina Y. E., Gorbachev S. V., Maev P. A., and Ponimaskin A. I. A possibility of using standard 3D seismic data for assessment of drilling geohazards in transit zone. In Near Surface Geoscience 2016 - Second Applied Shallow Marine Geophysics Conference. EAGE Publications, 2016.