

Основные результаты обработки сейсмических данных в Тинровском осадочном бассейне (Охотское море)

- Грушевская О.В., Участкин А.А., ФГБУ «ВНИГНИ», г. Москва.
- Казанин А.Г., Литвачук А.В., Онищенко А.Н., АО «МАГЭ», г. Москва.

Аннотация: Морская сейсморазведка берет свое начало в 1930-х годах XX века с первых попыток регистрации сейсмических данных одиночными гидрофонами, закрепленными на неподвижных судах. Работы выполнялись в варианте точечного зондирования. К 1950-м годам появилась возможность буксировки единичной косы малой канальности за судном, что резко повысило эффективность морских сейсмических исследований и положило начало их повсеместному применению. Окончательно технология морской сейсморазведки с буксируемой косой сформировалась в 1970–1980-е годы, а периодом расцвета таких работ стали 1990–2000-е годы, когда произошел повсеместный переход на телеметрические сейсмостанции и появилась возможность точного позиционирования косы и сейсмоприемников.

В последние годы объемы сейсморазведочных работ с буксируемыми косами в России и мире неуклонно снижаются. В большинстве нефтегазодобывающих стран региональный этап изучения шельфа уже завершен, активно ведется разведка и доразведка месторождений. Высокая производительность 3D-съемок позволила в предыдущие десятилетия закрыть существенные объемы потребностей в такого рода работах, и во многих случаях новые дополнительные исследования реализуются уже в варианте многоволновой сейсморазведки 4C с использованием донных станций.

В этом отношении положение Российской Федерации несколько отличается: огромные шельфовые территории как в пределах лицензированных участков недр, так и в нераспределенном фонде, остаются недостаточно изученными сейсморазведкой 2D. Несмотря на то, что текущая макроэкономическая ситуация привела к полному отказу недропользователей от реализации исследований сейсморазведкой 2D, под контролем правительства РФ и силами профильных институтов Федерального агентства по недропользованию продолжает реализовываться программа регионального изучения шельфа Российской Федерации в нераспределенном фонде недр. Важно отметить, что происходит постоянное наращивание объемов привлечения отечественных технологий, применяемых при производстве таких работ.

До настоящего времени обработка морских геофизических данных по региональным работам в основном проводилась на импортном программном обеспечении. Развитие отечественного программного обеспечения является ключевой задачей в условиях санкционной политики зарубежных компаний. В статье будут представлены основные результаты обработки сейсмических данных 2D, полученных в Тинровском осадочном бассейне (Охотское море) с использованием российского программного обеспечения АЛЪТАИР-М.

Ключевые слова: сейсморазведка с буксируемой косой, обработка сейсмических данных, АЛЪТАИР-М, дегостинг.

Основные особенности обработки сейсмических данных

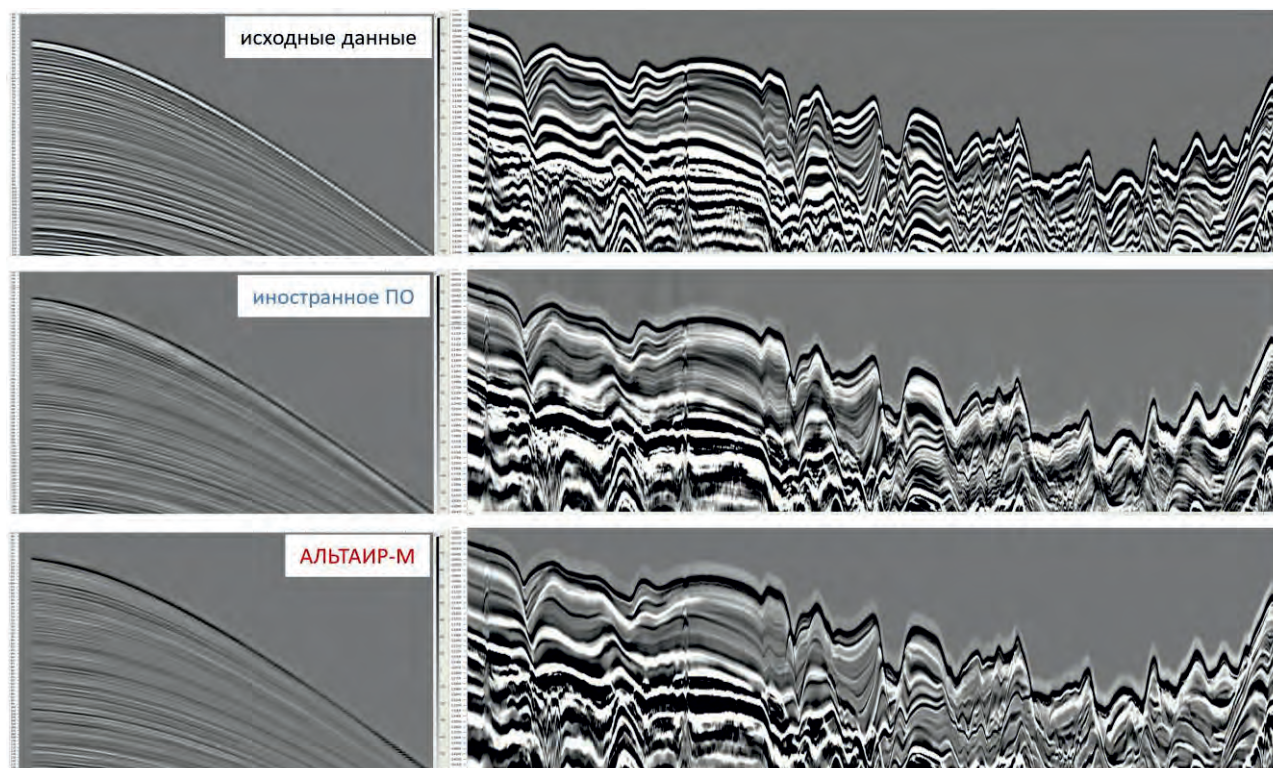
Сейсморазведочные работы 2D выполнены в период с октября 2024 по январь 2025 силами АО «МАГЭ» по заказу ФГБУ «ВНИГНИ» в рамках объекта «Комплексные геолого-геофизические исследования в Тинровском осадочном бассейне (Охотское море)». Несмотря на благоприятную ледовую обстановку, сезонное ухудшение погоды привело к существенным простоям сейсмического судна, вызванным повышением уровня шумов на косе. Для обеспечения производства работ было принято решение об изменении заглубления сейсмической косы – таким образом, съемка была выполнена с различными вариантами заглублений: от проектных 8 м до 10-12-15 м – в случае ухудшения погодных условий, что стало ключевой методической особенностью сбора данных. Указанное решение позволило выполнить работы в срок в соответствии с требова-

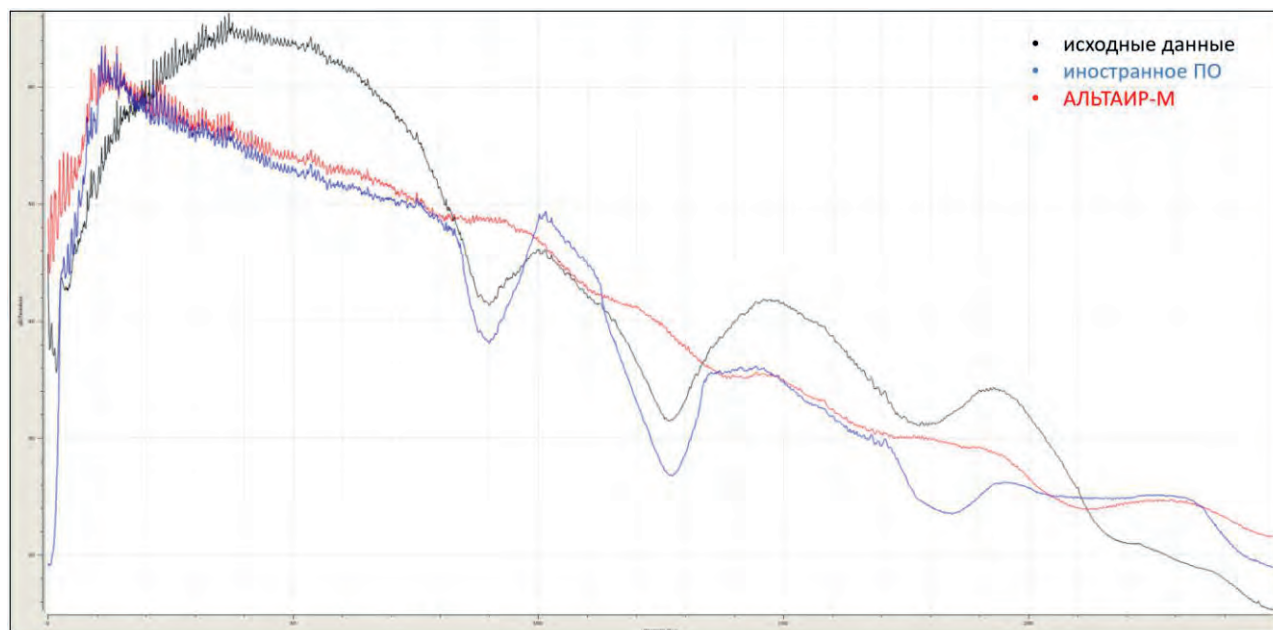
ниями к качеству данных, при этом сейсмическое поле закономерным образом содержало в себе различную по своим кинематическим характеристикам волну-спутник за пункт приема (ПП), подавление которой (дегостинг) и стало одной из основных задач сигнальной обработки для данного проекта.

Обработка полученных сейсмических данных в том числе и в части подавления волн-спутников, проводилась с использованием отечественного программного обеспечения (ПО) АЛЬТАИР-М.

АЛЬТАИР-М предназначен для обработки любых типов данных и уже опробован в рамках нескольких шельфовых проектов [1], при этом разработка и внедрение современных алгоритмов в части обработки данных морской сейсморазведки является одним из приоритетных направлений развития программного обеспечения. Большинство пакетов обработки, в том числе зарубежных, до сих пор предлагают достаточно про-

▼ Рис. 1. Сравнение подавления волн-спутников в АЛЬТАИР-М и иностранном ПО-аналоге.





▲ Рис. 2. Сравнение подавления волн-спутников в АЛЬТАИР-М и иностранном ПО-аналоге (АЧХ).

стые реализации дегостинга – в большинстве случаев это 2D-алгоритмы, где задержка между первичным импульсом и спутником задается детерминистически из глубины буксировки ПП. Подобного рода алгоритмам характерны недокомпенсация провалов спектра и повышенный уровень артефактов процедуры.

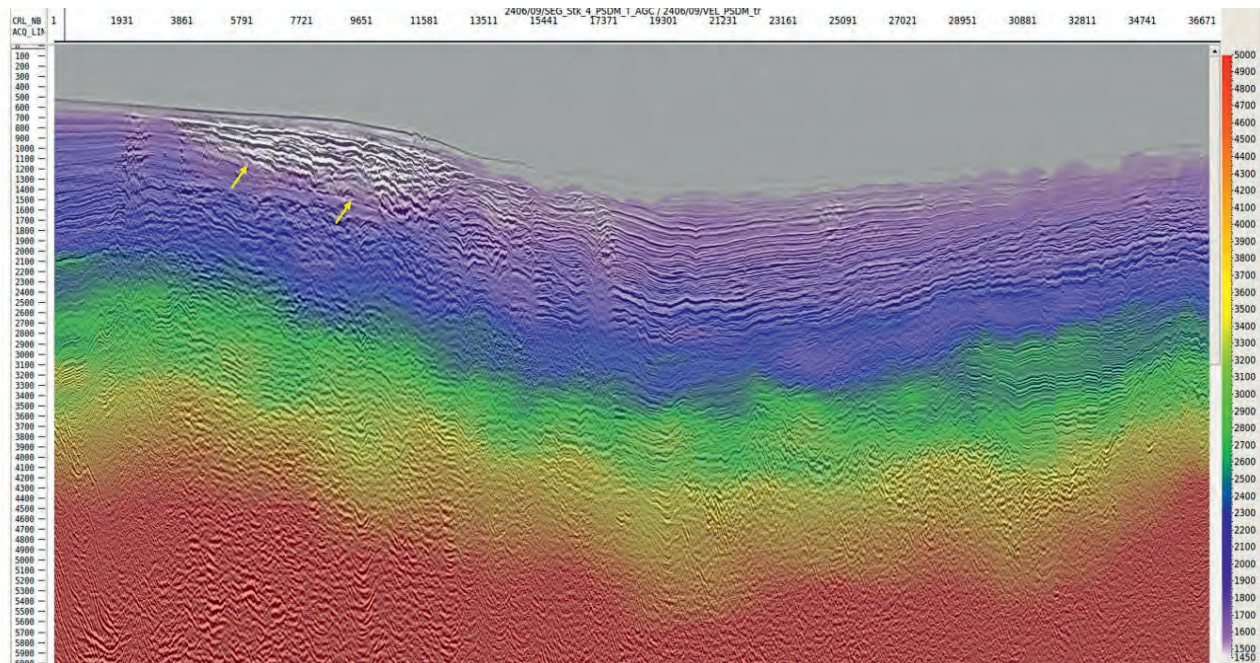
В АЛЬТАИР-М дегостинг реализован в одной из современных 3D-реализации с определением задержки непосредственно из сейсмических данных путем итеративной инверсии (Рис.1, 2).

В ходе полевых работ заглупление буксировки косы менялось не только для отдельных профилей, но и для секвенций единого профиля. Тем не менее, применение современных и стабильных алгоритмов подавления волн-спутников позволило получить единый и увязанный массив данных по всей площади исследования. Данный результат позволяет говорить, что последующие сейсмические съемки (особенно в случае, когда заведомо предполагается повышенный уровень внешних шумов) возможно проводить с перезаглупленными косами,

что не будет влиять на качество регистрируемого сейсмического материала, при этом положительным образом скажется на экономике сейсмических проектов за счет сокращения сроков проведения полевых работ.

Широко известным фактором, осложняющим обработку сейсмических данных на шельфе Охотского моря, являются скопления приповерхностного газа. Насыщенные газом отложения выступают в роли экрана для сейсмического сигнала. Большая часть таких аномалий приурочена к интервалу глубин до 400 м от поверхности дна. Наличие газа в порах пород кардинально меняет их упругие свойства, прежде всего — скорость распространения продольных волн и плотность. Это создает характерные аномалии в волновом поле, вызванные эффектами поглощения и рассеивания высокочастотной составляющей сигнала. Аномалии поглощения проявляют себя в том числе и в поле скоростей (Рис. 3).

В пределах Тинровского осадочного бассейна, как и для всего шельфа Охотского моря, наблюдается широкое разви-



▲ Рис. 3. Пример зоны аномального поглощения.

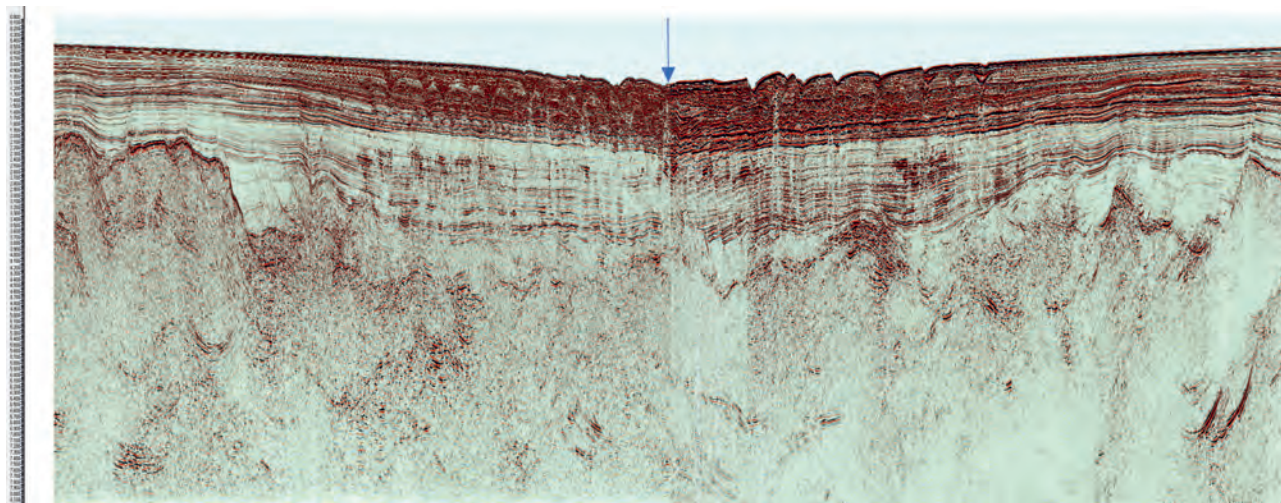
тие малых и средних по масштабу аномалий поглощения. В общем случае такие аномалии успешно компенсируются в процессе обработки и не влияют на решение региональных задач. Ситуация существенно усложняется, когда размер аномалии поглощения превышает длину сейсмической расстановки. В таком случае происходит практически полное поглощение сигнала как со стороны источника, так и со стороны приемников. Подобная аномалия присутствует на площади исследования и приурочена к погруженной части бассейна.

Наличие масштабных аномальных зон поглощения выступают в качестве естественного фильтра среды, который экранирует как падающее, так и восходящее отраженное поле. Для продольного (PP) поля решением задачи компенсации аномалий в сейсмическом поле является учет поглощения (Q) на стадии глубинной обработки (QPSDM). При этом для построения модели Q требуется привлечение современных алгоритмов, основанных на томографии или полноволновой инверсии с учетом поглощения.

При этом наиболее полно проблематика экранирующего влияния приповерхностного газа решается с использованием обменного поперечного поля (PS), для регистрации которого требуется переход от буксируемого оборудования (1С) к многокомпонентной регистрации с помощью донных сейсмических станций (4С). Важно отметить, что в Российской Федерации вся необходимая технологическая база для реализации региональных работ с использованием донных станций на текущий уже момент сформирована [2].

Изучение подобных зон критически важно по нескольким причинам. Во-первых, они представляют собой серьезную геологическую опасность: неожиданное вскрытие такого «газового кармана» при бурении может привести к аварии. Во-вторых, массивные скопления газа в верхней части разреза (ВЧР) с высокой вероятностью связаны с глубокозалегающими залежами углеводородов, являясь косвенным поисковым признаком.

Несмотря на отмеченные сложности, в



▲ Рис. 4. Результаты обработки современной съемки (справа) в пределах Тинровского осадочного бассейна в сравнении с ретроспективными результатами (слева).

ходе обработки получены сейсмические данные высокого качества, полностью согласованные с ранее выполненными в указанном районе работами (Рис. 4).

Заключение

Помимо непосредственного геологического результата, в ходе реализации проекта получены выводы, значимые для геологоразведочной отрасли в целом. В частности, показано, что при выполнении полевых работ рациональным является использование заглубленных систем регистрации. Такой подход позволяет достичь повышенного соотношения сигнал/помеха при сокращении сроков полевых работ, что в конечном итоге означает снижение их стоимости и не влияет на качество полученных данных.

Рассматриваемый проект стал первым примером производственного использования нового российского программного обеспечения (ПО) АЛЬТАИР-М в рамках проектов по обработке данных региональной сейсморазведки 2D.

Уровень отечественных технологий позволяет решать задачи проектов по обработке не хуже, а в части отдельных процедур (например, подавления волн-

спутников) и лучше зарубежных аналогов.

В то же время работы в сложных сейсмогеологических условиях, к которым относится шельф Охотского моря, требуют корректировки стандартных графов обработки путем включения отдельных процедур и подходов. В первую очередь это касается этапа глубинной обработки: задача частичной компенсации влияния поглощения уже сегодня успешно решается путем построения детальной модели поглощения и применением глубинной миграции в варианте QPSDM. Развитие графов обработки окажет положительное влияние и на уровень отечественного программного обеспечения — повышенные требования технических заданий будут стимулировать разработчиков к совершенствованию технологий.

При этом практически полностью проблематику наличия газовых тел может снять сейсморазведка на обменных PS-волнах с использованием донных станций — технологическая готовность отрасли к реализации подобных работ в варианте 2D для целей решения региональных геологических задач в настоящий момент полная — в РФ доступно все: от специализированного флота и парка

донных станций, до программных решений и компетенций в для обработки полученных данных.

Литература

1. Нерсесов С.В., Абрамович А.В., Никишин А.А., Хоштария В.Н., Кожухов Д.В., Слепченко В.А., Казанин А.Г., Литвачук А.В., Сафонов Д.А. Первый опыт промышленной эксплуатации российского программного обеспечения для обработки сейсмических данных "альта-ир-м" (арктические шельфовые проекты ПАО "Газпром"), Газовая промышленность. 2025. № 4 (880). С. 40-43.

2. Методические рекомендации по проведению сейсмических исследований 4D с использованием донных систем на шельфовых месторождениях РФ. Москва, Санкт-Петербург, 2025.