

Переобработка данных - ключ к сокращению затрат и сроков ГРР

■ Латыпова А.Р., Кибальчик А.С., ООО «СЖЖ Восток», г. Москва.

■ Захаров Ю.М., ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», г. Пермь.

Аннотация: Современные методы обработки архивных сейсмических данных позволяют повысить их информативность без проведения повторных полевых работ — при условии достаточного качества исходных материалов. Практика показывает: переобработка, в большинстве случаев, позволяет получить прирост геологической информации, сокращает затраты в десятки раз, а сроки выполнения работ — примерно вдвое. В результате ускоряются геологоразведочные работы (ГРР), снижаются риски и обеспечивается высокое качество конечных результатов.

Ключевые слова: переобработка, современные методы обработки, архивные сейсмические данные, экономическая эффективность.

Введение

Сейсморазведочные работы в цикле геологоразведочных работ (ГРР) представляют собой многостадийный процесс, включающий полевой этап, обработку и интерпретацию данных, а также принятие решений о бурении. Нередко возникает потребность пересмотреть ранее полученные результаты: ограничения исходных сейсмических материалов, применение устаревших технологий обработки, неполнота интерпретации, расхождения между прогнозами бурения и фактическими данными, а также появление новых целей проекта.

Традиционным способом повышения качества сейсмической информации в таких случаях считается проведение повторных полевых съёмок. Однако данный подход связан со значительными финансовыми, временными затратами и несёт дополнительные риски. В условиях роста стоимости полевых работ, усложнения логистики и ужесточения регуляторных требований всё большую значимость приобретает рациональное использование уже имеющихся данных.

Перспективной альтернативой становится переобработка архивных сейсмических данных современными методами. Её ключевое преимущество — возможность существенно повысить качес-

тво материалов без проведения новых полевых съёмок, сократить сроки и расходы, повысив геологическую освещённость и достоверность.

В ходе изучения вопроса переобработки рассматривается не только как технологическое решение, но и как инструмент управления экономикой и рисками ГРР. Цель статьи — оценить эффективность переобработки, условия её применения и влияние на качество геологической информации для планирования последующих этапов работ.

Переобработка архивных данных: технологические возможности

Переобработка архивных сейсмических данных ориентирована на решение конкретных геологических задач: она запускается при наличии целевого запроса на уточнение строения определённых объектов либо при необходимости улучшить качество сейсмического изображения в конкретных интервалах разреза. Основная идея заключается в том, чтобы с помощью современных алгоритмов и оптимизированного графа обработки повысить качество сейсмического изображения, тем самым получив больше информации о строении разреза без проведения новых полевых съёмок. Дополнительным стимулом выполнения

переобработки является появление новой скважинной информации, способной оптимизировать многие процедуры обработки.

Наибольший эффект достигается при комплексном подходе ко всем ключевым этапам: построению детальной модели верхней части разреза, шумоподавлению, регуляризации данных, подавлению кратных волн, построению и уточнению ГСМ, постмиграционной обработке. Согласованное применение этих процедур вместе с поэтапным контролем качества позволяет повысить информативность архивных данных и улучшить возможности их интерпретации в дальнейшем.

В качестве примера более детально рассмотрим переобработку 3D-сейсмических данных одного из месторождений Республики Коми. Геологическое строение, прогнозируемое по результатам обработки и интерпретации 2017–2018 гг., не подтвердилось в районе новых скважин. Поэтому одной из основных целей являлось уточнение структурного плана. Помимо этого, были поставлены новые задачи – улучшение прослеживаемости сложных геологических объектов.

В последнее время все больший фокус внимания геологов и геофизиков направлен на выявление и картирование палеорусел и речных палеодолин, в которых могут встречаться породы-коллекторы с улучшенными ФЕС и высокими эффективными мощностями. Все это послужило основанием для пересмотра как отдельных этапов обработки, так и общего подхода к формированию итогового сейсмического изображения.

Одним из ключевых направлений переобработки стало уточнение модели верхней части разреза (ВЧР). ВЧР содержит много неоднородностей и ее детальное построение способно помочь ниве-

лировать их влияние. В архивной версии обработки модель ВЧР строилась преимущественно на основе томографии. В новой версии для получения наиболее достоверного результата использовалась вся имеющаяся информация и выполнялось комплексирование подходов к построению ВЧР.

Построение модели состояло из трех шагов:

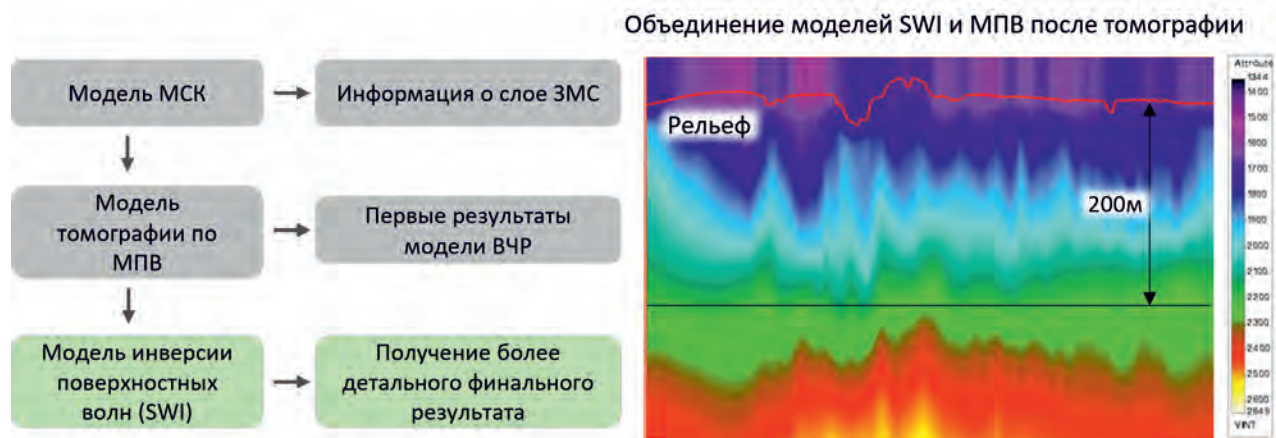
- построение модели МСК, из которой получили информацию о слое ЗМС;
- построение модели томографии методом преломленных волн (МПВ);
- построение модели методом инверсии поверхностных волн (SWI – surface wave inversion).

Использование данных МСК позволило получить информацию о самом вышележащем слое, который в дальнейшем был использован при построении модели ВЧР методом преломленных волн.

Далее на основе пикировки первых вступлений выполнялось построение модели методом МПВ. На основе пикировки первых вступлений и информации из МСК была получена начальная модель, которая в дальнейшем уточнялась в несколько итераций с помощью томографии по преломленным волнам.

Заключительным шагом являлось построение модели методом SWI. Такой метод позволяет еще лучше уточнить строение верхней части разреза, особенно в зонах, где преломленная волна не может образовываться (зонах мерзлоты) и где отсутствовали данные МСК.

Комплексирование этих трех методов – МСК, МПВ и SWI, позволило сформировать более детальную и устойчивую модель ВЧР, которая впоследствии была использована при построении глубинно-скоростной модели. Что привело к повышению точности и улучшению качества итогового изображения (Рис. 1).



▲ Рис. 1. Схема получения комплексной модели ВЧР (слева) и финальная модель (справа).

Значительные изменения были внесены и в блок шумоподавления. В новой версии обработки применялся расширенный набор методов подавления шумов различного генезиса, что позволило более эффективно расчистить данные, сохраняя при этом полезную сигнальную составляющую. Повышение отношения сигнал/шум создало условия для оптимизации параметров деконволюции, включая уменьшение шага предсказания без потери качества данных. В результате была повышена детальность волнового поля, улучшена когерентность отражений и их прослеживаемость в пределах целевого интервала.

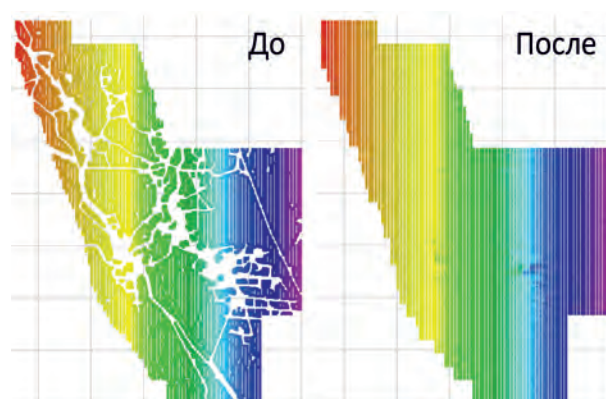
На площади работ присутствовало большое количество обходов, что создавало свои трудности на этапе сигнальной обработки. Дополнительный прирост информации был достигнут за счёт пере-

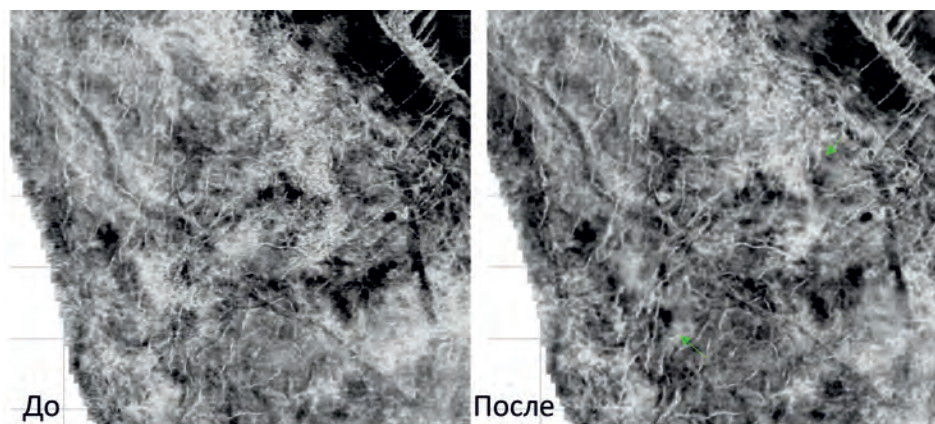
смотра подхода к регуляризации данных. Вместо использовавшейся ранее 3D-регуляризации в новой версии обработки была применена 5D-регуляризация, позволившая компенсировать зоны пропусков (Рис. 2) и повысить равномерность восстановления кратности до номинального значения по площади. Это особенно важно при работе с архивными материалами, где геометрия наблюдений часто далека от оптимальной.

Особое внимание при настройке параметров регуляризации уделялось сохранению детальности мелкогабаритных палеорусловых объектов, что являлось одной из ключевых задач переобработки. Важно отметить необходимость тестирования параметров регуляризации в 3D режиме, для чего был выбран фрагмент площади работ, где наиболее полным образом представлены геологические и поверхностные особенности территории. Оценка результатов регуляризации по контрольным линиям не позволяет выявить возможные негативные эффекты, особенно хорошо проявляющиеся на седиментационных срезах куба (Рис. 3).

Актуальной задачей обработки сейсмических данных является борьба с кратными волнами – помехами. В волновом поле кратная волна может быть ложно

▼ Рис. 2. Положение ПВ до и после 5D-регуляризации.





▲ Рис. 3. Пример контроля сохранности русловых объектов до и после регуляризации.

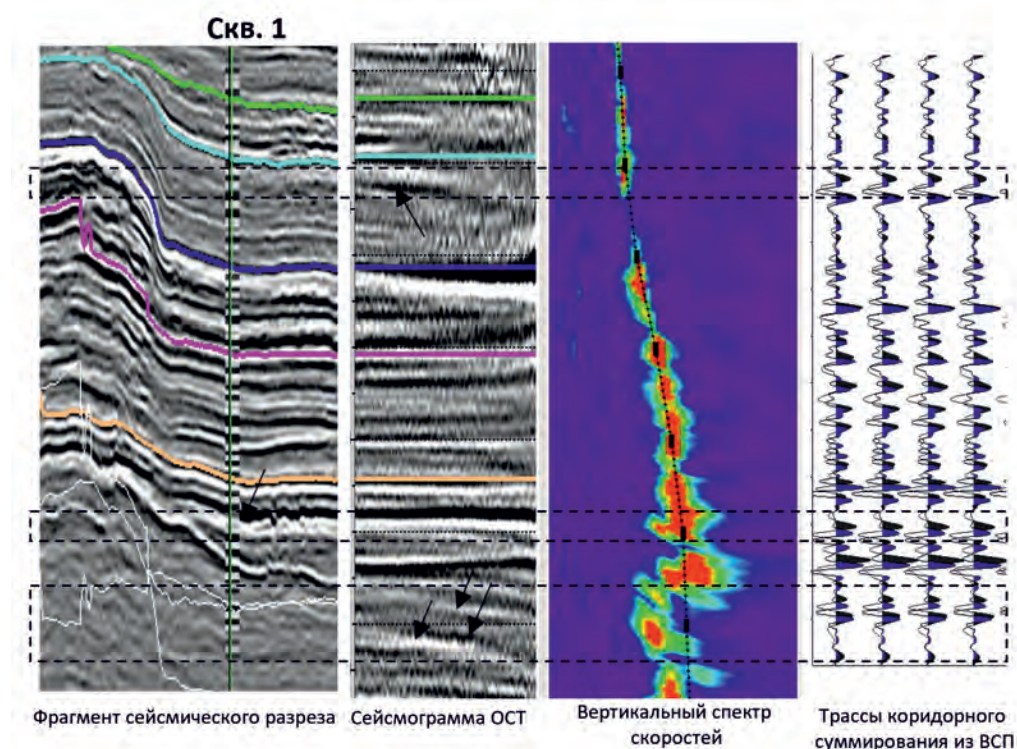
идентифицирована как полезная, результатом данной ошибки может стать искажение структурного плана и неверный расчёт динамических атрибутов сейсмической записи. Именно поэтому отдельное внимание в процессе переобработки уделялось подавлению кратных волн. Если в архивной версии обработки применялся только радон-фильтр как инструмент подавления кратных волн, то в новой версии выполнялся комплексный подход, включающий в себя несколько методов.

Первым шагом выполнялось подавление кратных от свободной поверхности методом LSRME (Land Surface-Related

Multiple Elimination), что позволило убрать фон кратных без затрагивания сигнальной составляющей.

Далее для дополнительной идентификации остаточного фона кратных волн привлекалась информация по скважинам – трассы коридорного суммирования из ВСП (Рис. 4).

Использование дополнительной информации и детальный анализ позволил грамотно подобрать параметры подавления и максимально ослабить влияние кратных волн, сохранив и повысив детальность истинных однократных отражений.



▲ Рис. 4. Пример использования ВСП для дополнительной идентификации кратных волн.

Отдельное внимание уделялось глубинным построениям, так как одна из основных задач проекта – уточнение структурного плана. На основе ранее полученной модели ВЧР и скважинной информации была построена начальная модель, которая в дальнейшем уточнялась в изотропном приближении с помощью томографии по отраженным волнам. После выполнялось построение анизотропной модели и ее уточнение с помощью азимутальной томографии. Дополнительно стоит отметить, что финальная калибровка модели выполнялась с использованием всех имеющихся скважин, в том числе из нового фонда. Применение глубинной миграции на основе уточнённой глубинно-скоростной модели обеспечило дополнительный прирост детальности итогового изображения и повысило детальность проработки геологических объектов в пределах целевого интервала.

Контроль качества переобработки выполнялся путём сопоставления полученных результатов с архивной версией обработки. Основное внимание уделя-

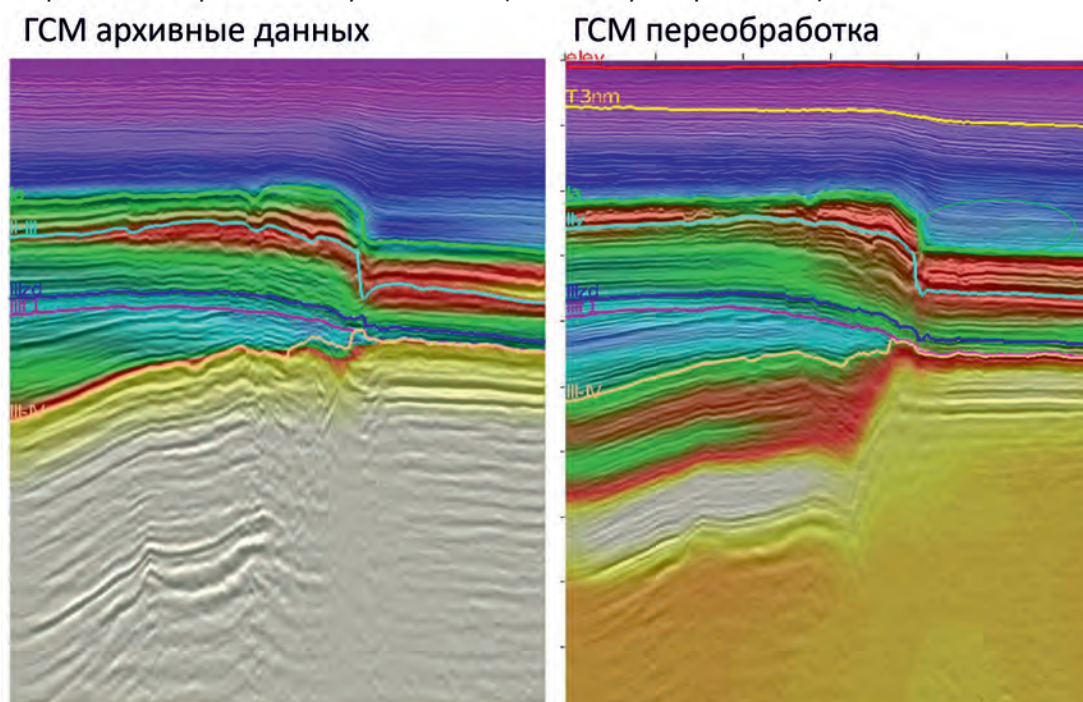
лось качеству изображения, прослеживаемости отражений и детальности геологических объектов. Сравнение показало, что внедрение современных методов обработки, их комплексирование и, в целом, пересмотр графа обработки позволяют существенно повысить качество архивных данных без проведения повторных полевых работ (Рис. 5,6).

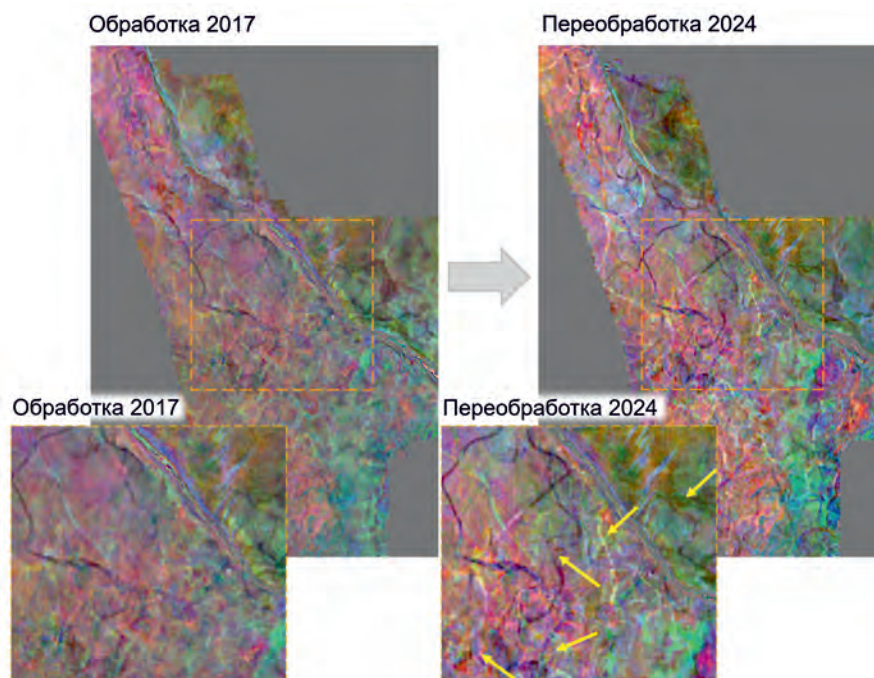
Примеры применения и экономическая эффективность переобработки архивных данных

Выше был детально рассмотрен один из практических примеров переобработки архивных сейсмических данных. Опыт выполнения аналогичных проектов показывает, что потенциал архивных материалов часто недооценён.

В числе таких примеров — переобработка архивных данных ещё одного из месторождений Республики Коми, проведённая целенаправленно под новый запрос на уточнение геологического строения отдельных участков разреза. Переобработка позволила детализировать сейсмофациальную зональность

▼ Рис. 5. Сравнение архивной и финальной (после переобработки) модели ГСМ.





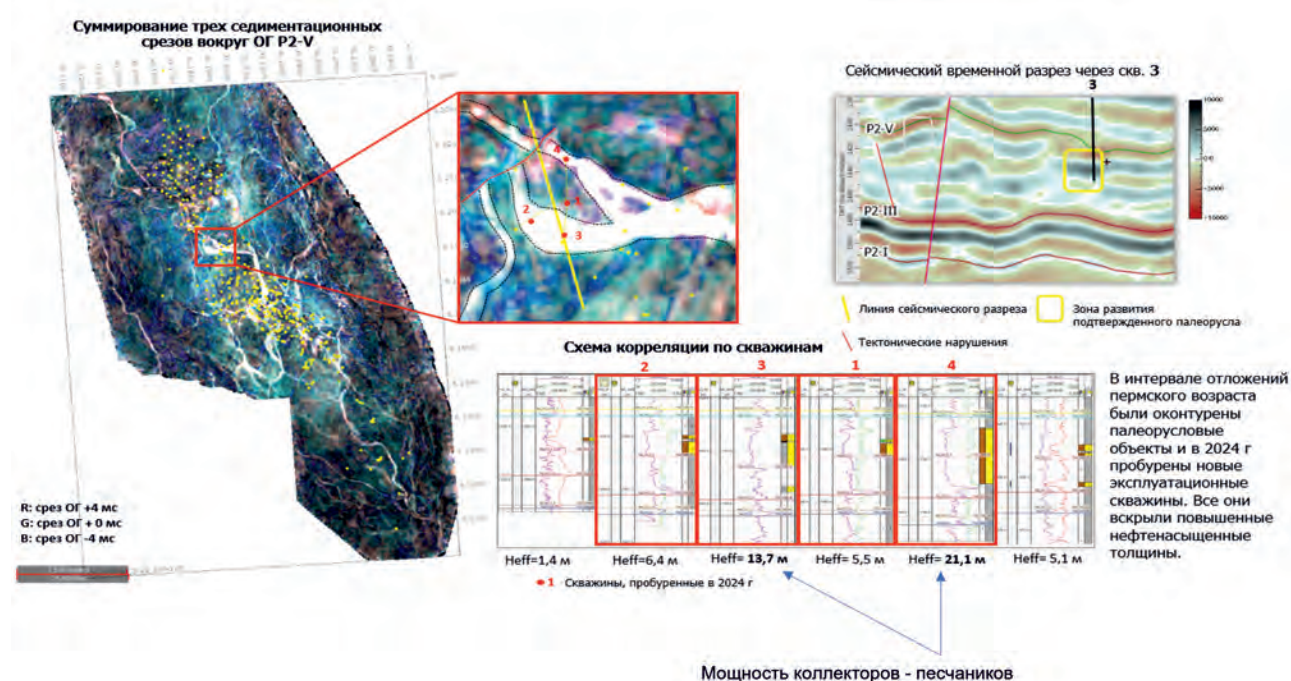
▲ Рис. 6. Сравнение архивных и финальных данных на примере атрибута спектральной декомпозиции.

в интервале пермских отложений, значительно улучшить прослеживаемость и повысить общую детальность изображения. Уточнённая глубинно-скоростной модель и повышенное качество миграции позволило оконтурить ранее невыраженные объекты палеорусел. Последующее бурение подтвердило наличие

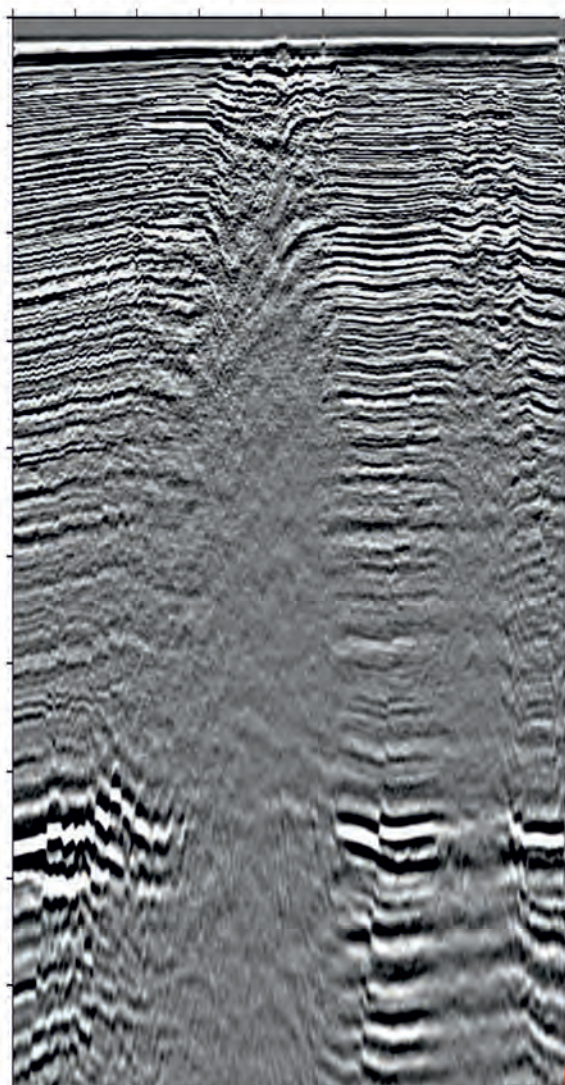
коллекторов с повышенными эффективными мощностями в пределах выделенных зон, что дополнительно подтверждает корректность обновлённой интерпретации и демонстрирует практическую ценность переобработки архивных материалов (Рис. 7).

Ещё один пример связан с объектом на

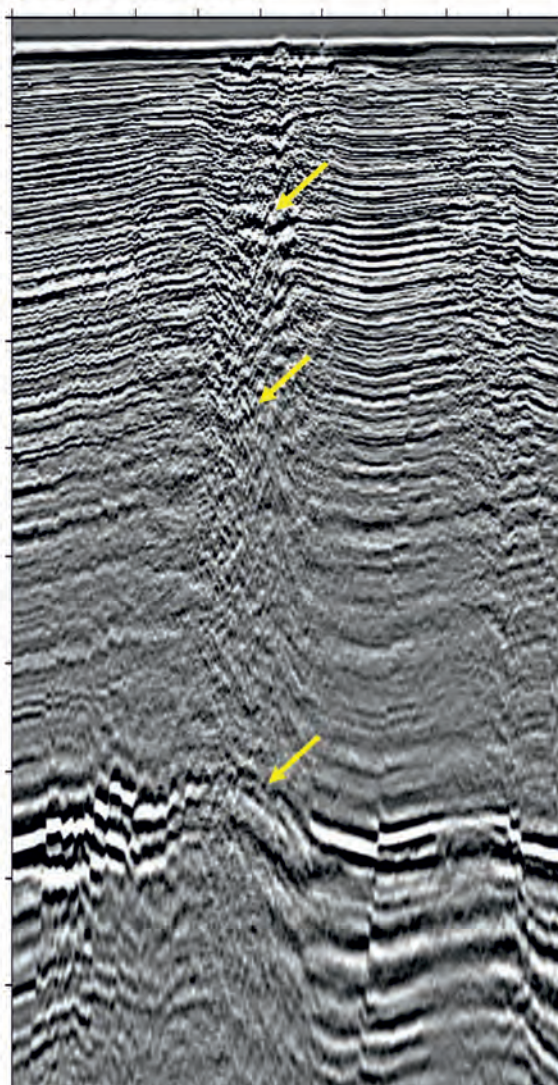
▼ Рис. 7. Пример результатов переобработки месторождения Республики Коми.



Обработка 2009



Обработка 2022



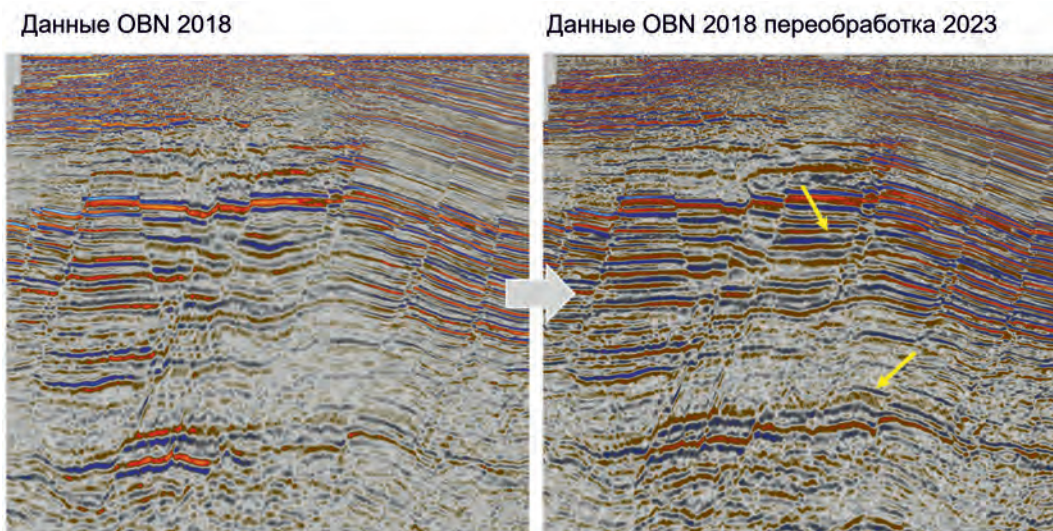
▲ Рис. 8. Пример результатов переобработки месторождения на шельфе Охотского моря.

шельфе Охотского моря, где архивная обработка была выполнена более десяти лет назад. Первоначальной задачей переобработки являлось восстановление сейсмического изображения в центральной части залежи. Данный участок осложнён наличием большого количества газонасыщенных осадков в верхней части разреза, которые оказывают влияние на отражения в целевой зоне. Применение современных алгоритмов обработки и уточнение скоростной модели позволили не только улучшить качество разрезов, но и пересмотреть структурный план залежи в целом. Для заказчика это означало снижение геоло-

гической неопределённости и повышение обоснованности решений при планировании бурения (Рис. 8).

Следующий пример относится к месторождению с продолжительной историей освоения.

В данном случае переобработка позволила получить высокодетальную глубинно-скоростную модель благодаря применению алгоритмов полномасштабной инверсии, уточнить геометрию второстепенных газовых залежей и оконтурить зоны риска при бурении. При этом исходные полевые материалы оставались неизменными, а прирост информативности обеспечивался исклю-



▲ Рис. 9. Пример результатов переобработки месторождения с продолжительной историей освоения.

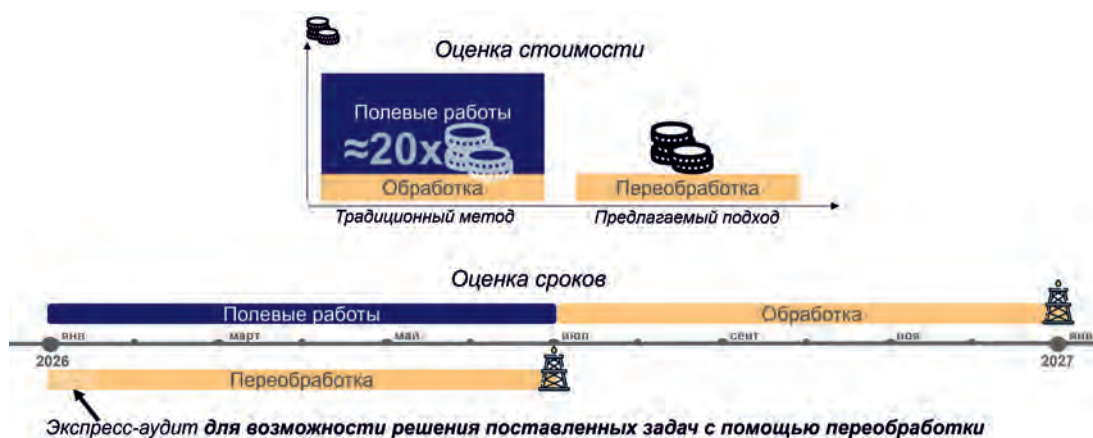
чительно за счёт возможностей современной обработки (Рис. 9).

Обобщая приведённые примеры, можно отметить, что переобработка архивных данных особенно эффективна, когда исходные материалы обладают достаточным качеством наблюдений, а цели проекта включают уточнение геологической модели, повышение детализации разреза, поиск и оконтуривание перспективных геологических объектов.

На примере участка площадью около 500 км² можно сравнить два подхода — выполнение новых полевых работ и переобработку архивных данных (Рис. 10). Стоимость переобработки оказыва-

ется в десятки раз ниже, а сроки получения обновлённой геологической информации сокращаются примерно вдвое. При этом новые съемки неизбежно требуют последующей обработки и интерпретации, что фактически удваивают бюджет и увеличивают сроки. Переобработка позволяет заранее оценить качество существующих данных и определить, достаточно ли их для решения поставленных задач или требуется новая съёмка, обеспечивая более быструю и экономичную оценку по сравнению с классическим подходом, где сначала выполняются полевые работы, а затем — обработка и интерпретация.

▼ Рис. 10. Сравнение стоимости и сроков двух подходов — новой полевой съемки и переобработки на примере 500 км².



Сравнительный анализ рисков показывает, что каждый подход имеет свои ограничения. Для полевых работ это высокие финансовые затраты, сезонность, погодные условия, логистика и регуляторные требования.

Для переобработки - качество исходных данных и ограничения системы наблюдений. При пригодности материалов именно переобработка позволяет снизить экономические риски проекта за счёт сокращения временных, финансовых ресурсов и поэтапного уточнения геологической модели.

Заключение

Анализ практических примеров подтвердил, что переобработка архивных сейсмических данных позволяет получать дополнительную информацию, сопоставимую с результатами новых полевых съёмок, при этом существенно сокращаются сроки выполнения ГРП. В исследованных проектах экономический эффект достигает 10–20 раз по сравнению с повторными полевыми работами, а сроки реализации задач сокращаются примерно вдвое.

Особую актуальность имеет переобработка данных, полученных в сложных геологических условиях: тектонические нарушения, сложная ВЧР, экранирующие объекты и т.д. Важно отметить, что переобработка не является универсальной заменой полевых работ. Её эффективность напрямую зависит от качества исходных данных, параметров системы наблюдений и соответствия архивных материалов поставленным геологическим задачам. При недостаточном диапазоне удалений или критически низкой кратности - проведение новой съёмки остаётся необходимым.

Практический опыт показывает, что целесообразное применение архивных сейсмических материалов позволяет повысить детализацию геологической модели без привлечения дополнительных полевых ресурсов. В условиях роста стоимости ГРП переобработка выступает как технологический инструмент и механизм повышения надёжности решений, обеспечивая высокую прикладную ценность для недропользователей и сервисных компаний.

Литература

1. Poole, Gordon. 5D data reconstruction using the Anti-Leakage Fourier Transform // Conference Proceedings, 72nd EAGE International Conference & Exhibition, Expanded Abstracts
2. Wang, J. and Shaowu Wang. 2013. Practical strategies for data-driven land multiple attenuation. Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts, p.4101-4105.
3. Валькова Е.В., Корнев А.С., Барков А.Ю., Демонов А.П., Марков С.Ю., Ершов Н.А.. Применение полноволновой инверсии (FWI) для детализации зон низкоскоростных газовых аномалий // 10-я юбилейная научно-практическая конференция «Геонауки: Время перемен, время перспектив» (Санкт-Петербург, 17-20 апреля, 2023г.). - 2023.
4. Канищев Г., Рыков А., Голушко А., Ильин С., Барков А., Цветухин И., Кочетков Д.. Применение результатов полноволновой инверсии в качестве начального приближения при сейсмической инверсии для газовых залежей // Научно-практическая конференция «ГеоСочи – 2024. Актуальные проблемы геологии и геофизики» (Сочи, 22-26 апреля 2024 г.). – 2024.

5. Кирзелёва О.Я., Кирьянова Т.Н.. 2021. Палеорусл и палеореки в сейсмических данных (на примере продуктивного пласта ЮЗ-4 тюменской свиты одного из месторождений Западной Сибири).

6. Латыпова А.Р., Кибальчич А.С., Захаров Ю.М.. Возможности переобработки архивных сейсмических материалов с целью улучшения прослеживаемости геологических объектов на примере месторождения в Республике Коми // 27-я научно-практическая конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений «Геомодель 2025» (Геленджик, 8-11 сентября 2025). – 2025.

7. Латыпова А.Р., Кибальчич А.С., Матусевич А.В., Захаров Ю.М., Кирьянова Т.Н.. Переобработка данных - ключ к сокращению затрат и сроков ГРП. 4-я международная научно-практическая конференция «ПроГРРесс'25: Ресурсная база как основа» (Москва, 24-25 ноября 2025 г.). – 2025.

Подробнее об авторах



Латыпова
Алия Рафисовна

ведущий геофизик
ООО «СЖЖ Восток»



Кибальчич
Анна Сергеевна

руководитель группы
наземной обработки
ООО «СЖЖ Восток»



Захаров
Юрий Михайлович

ведущий геофизик
ООО «ЛУКОЙЛ-
Инжиниринг»