

Состояние и перспективы ВСП

■ Горбачев С.В., ВШИБ МГУ, г. Москва.

Аннотация. В работе рассмотрены основные сложности и проблемы, по мнению автора, существующие перед ВСП, а также предлагаются пути возвращения доверия к методу, результатам для решения геологоразведочных и других задач. Представлена собранная информация о объемах работ и примеры неоднозначности результатов. Ключевой проблемой является неоптимальность постановки задач ВСП и, не всегда, обоснованность применяемых методик и технологий, а также недостаточная квалификация специалистов на разных этапах процесса ВСП.

Автор не является экспертом в ВСП, выполнившем самостоятельно огромный объем проектов, но уже более 20 лет работает в наземной и морской геологоразведке, планирует и сопровождает различные типы проектов, участвует в большинстве крупных геолого-геофизических мероприятиях, общаясь с большим количеством специалистов разного типа от полевых инженеров, обработчиков, интерпретаторов, геологов, петрофизиков, буровиков, геолмодельеров разработчиков и менеджеров разного уровня. Поэтому, эта работа - обобщение сложившегося мнения и видения ситуации с ВСП.

Ключевые слова: вертикальное сейсмическое профилирование, ВСП, геолого-геофизические задачи, планирование и проектирование работ, эффективность работ.

Введение

Сейсморазведка является одним из самых эффективных методов изучения геологического строения, нацелена на поиск новых месторождений нефти и газа, а также уточнение разведанных залежей. Одной из разновидностей данного метода являются работы вертикального сейсмического профилирования (далее по тексту - ВСП).

ВСП – метод скважинных, околоскважинных и межскважинных исследований в сейсморазведочном диапазоне частот, предназначенный для решения геолого-геофизических и технологических задач на различных этапах разведки и эксплуатации месторождений.

Обозначенный круг решаемых задач методом ВСП достаточно обширен и может включать в себя:

- оценку скоростных характеристик разреза;
- стратиграфическую увязку данных ГИС, ВСП и МОГТ;

- получение разрезов/изображения около скважинного пространства;
- прогноз анизотропных характеристик;
- оценку зон трещиноватости;
- оценку поглощения;
- прогноз геологического разреза ниже забоя скважины;
- прогноз кратных волн.

Однако, тут не все так просто! Возможность решения многих из перечисленных задач зависят от геологического строения объекта изучения, конструкции скважины, системы наблюдения, применяемого оборудования, технологий обработки и интерпретации данных, а также, конечно же, от человеческого фактора. Поэтому нельзя однозначно утверждать, что ВСП решит все задачи без детального анализа какое это ВСП, как и кем были выполнены различные этапы (проектирование, полевые работы, обработки и комплексная интерпретация) и представляются данные.

На любых проектах необходимо оценивать не только решение геолого-геофизических задач, но и их точность, возможность получения этой информации из других методов, а также стоимость работ. То есть, можно ли заменить какие-либо методы другим, какое снижение качества будет и т.д. При этом надо оценивать не только стоимость самих работ ВСП (проектирование, подготовка, поле, обработка и интерпретация), но и надо учитывать стоимость простоя скважины в процессе работ, а также риски всех технологических операций. Поэтому, вопрос постановки, проведения и получения качественных результатов ВСП достаточно сложный требующий привлечения большого количества информации, специалистов и, как факт, затратный.

Существуют различные модификации методик работ ВСП, которые обладают своими преимуществами и недостатками, каждая из которых позволяет решать определённый круг геолого-геофизических задач. Наличие различных модификаций, с одной стороны, значительно расширяет возможности скважинной сейсморазведки, а с другой, из-за отсутствия четких методических рекомендаций, вызывает затруднения при выборе наиболее эффективной модификации и объема работы, как с геолого-геофизической точки зрения, так и с технической и экономической.

Геологические и другие задачи

Несмотря на то, что скважинная сейсморазведка показала себя эффективным инструментом уточнения геологической модели, с целью минимизации геологических рисков при бурении эксплуатационных и новых разведочных скважин, в последние годы объемы работ существенно снижаются. К основ-

ным причинам снижения объёмов работ ВСП можно отнести, прежде всего, несоответствие поставленных геолого-геофизических задач, выбранной методики наблюдений и непонимания корректного применения методики.

При планировании работ ВСП чаще всего отсутствуют четко сформулированные геолого-геофизические задачи, потребители результатов не до конца понимают возможности и ограничения метода ВСП, непродуманно выбираются методики и технологии (например, по аналогии с соседними скважинами, без детального анализа решения задач, преимуществ и недостатков). При выборе и обосновании методики и объемов работ ВСП довольно редко встречается применение моделирования, включая с себя построение моделей объектов, сейсмогеологическое моделирование, детальный анализ синтетических данных для разных модификаций метода и выбор оптимальной с учетом оборудования и технологических процессов, для оценки решения контрактных задач в планируемой скважине.

Не всегда результаты ВСП корректно комплексируются с данными других методов, это может быть связано как с низкой квалификацией исполнителя и незнанием применимости и использования различной информации, так и с отсутствием информации о наличии самих этих данных. Очень часто результаты ВСП показываются только на уровне картинок (разрезов) к которым бывает много вопросов и на которые не всегда находятся корректные технические ответы, что приводит к недоверию и снижению значимости результатов работ на конкретном объекте и метода в целом.

Еще одна из важных проблем, которая приводит к снижению объёмов работ и

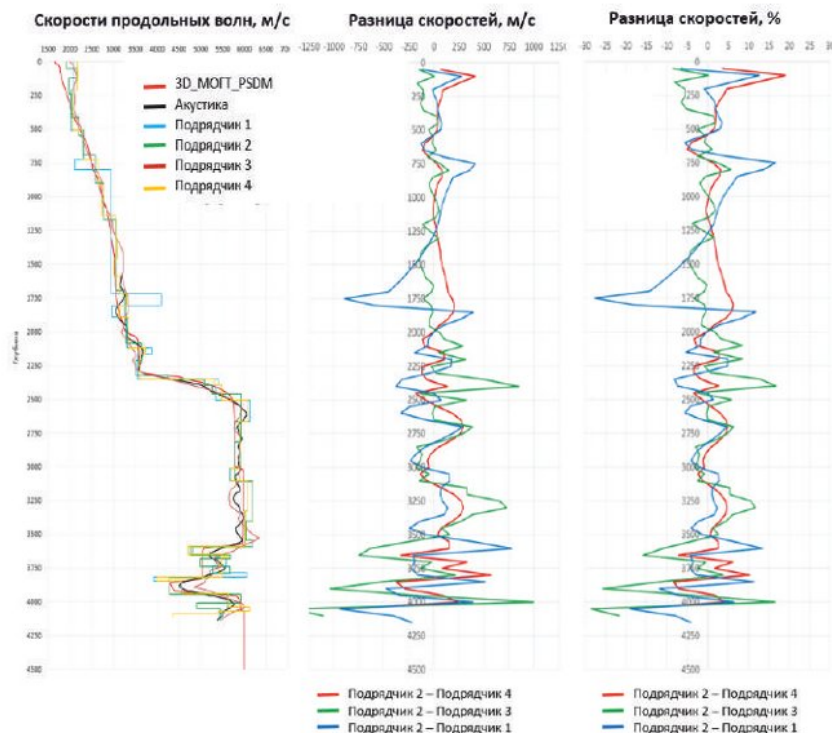


Рис. 1.
Графики скоростей
полученные по данным
ВСП, АК и разным
обработкам ВСП,
а также их разница.

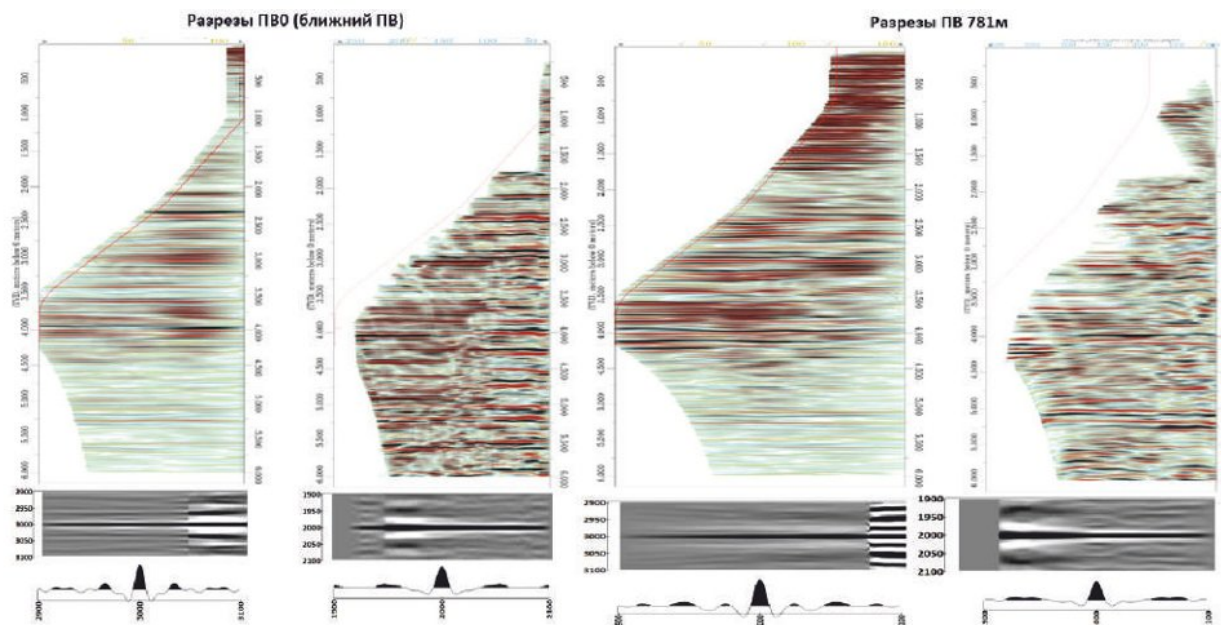
создает репутацию, как малоэффективного метода, является отсутствие четких выводов о полученных результатах с фиксацией решенных и нерешенных задач, которые можно было бы продуманно использовать для планирования будущих работ.

В контексте обоснованности проведения ВСП можно привести ситуацию, сложившуюся с согласованием объемов ВСП в одной из нефтегазовых компаний. Идет формирование планов работ, сбор потребностей на год, в том числе ВСП. Собрав запрос по количеству скважин с ВСП, условно 50 в год, был обратный вопрос: «а зачем столько, для решения каких задач и т.д.», на что был получен ответ: «30 скважин» без объяснений причин. Далее еще один вопрос, что люди не против ВСП просто хотелось бы понимать под какие задачи, что хотят получить. Ответ был краток и лаконичен: «20 скважин». Далее люди решили не спрашивать, чтобы не обнулять работы вообще. Может показаться, что это абсурдная история, но на личном опыте

автор несколько раз сталкивался с тем, что сеймики слабо контактируют с геологами, нет четких обоснований работ и, как следствие, их невозможно защитить на более высоком уровне.

В большинстве случаев, геологам от ВСП нужно только время-глубина, то есть ПВ0. Про возможности решения других задач многие даже не знают и не могут заложить в планы работ на будущие годы. Даже если работы сделаны под важные задачи, получены кондиционные данные, вопрос переходит в русло обработки, где есть свои нюансы, связанные с специализированным софтом, алгоритмами, подходами и т.д.

На личном примере провели тест по сравнению походов и результатов обработки разными исполнителями, передав результаты полевых работ в четыре компании и получив три разных результата, и это не просто разные разрезы, это три отличающихся друг от друга скоростных закона, три разреза с разной энергией сейсмических отражений и т.д. На рисунке 1 представлены результаты



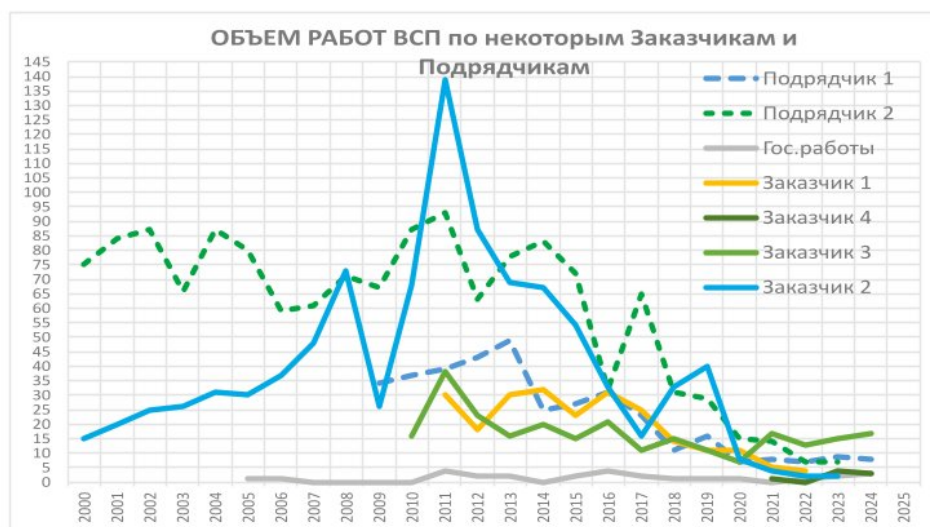
▲ Рис. 2. Примеры сравнения результатов обработки 2х ПВ с одной скважины у двух Подрядчиков.

оценки скоростей, разница оценок и процент разницы. Как можно видеть, разница достаточно существенная и сразу вопрос: чему должен доверять геолог, получивший такие данные! На рисунке 2 приведены результаты обработки двух ПВ с одной скважины выполненными двумя разными компаниями. Как Вы можете заметить, сейсмические данные очень существенно отличаются, а далее, еще кинематическая и динамическая интерпретация со своими особенностями. Поэтому, есть много вопросов к этому этапу работ.

Аналитика по рынку

В связи со всем вышеперечисленным происходит физическое сокращение объемов ВСП. На рисунке 3 представлена статистика по нескольким крупным сервисным компаниям и заказчикам работ, в том числе госбюджетным работам. К сожалению, не удалось собрать полную аналитику с 2000 по 2024 год по рынку в целом, но даже по представленным данным видно, что объем ВСП примерно до 2015 года был достаточно существенный. Далее пошел существенный спад работ, который привел к ситуа-

► Рис. 3. Объем работ ВСП по нескольким сервисным и нефтегазовым компаниям.



ции, что за последние несколько лет (примерно с 2020 года) ВСП практически не заказывается нефтегазовыми компаниями. Причин у этого может быть много, многие специалисты пытались разобраться в целесообразности применения ВСП, но во многом пришли к заключению, что не всегда работы эффективны и не все модификации могут корректно решать обещанные задачи.

Давайте посмотрим на вопрос ВСП со стороны оборудования, рынка подрядчиков, программного обеспечения, специалистов и их уровня.

Оборудование для полевых работ

Современные тенденции ВСП пришли к тому, что для уменьшения времени простоя скважины, оптимизации возбуждений и т.д. активно применяются компоновки с большим количеством приемников (до 30-40). Многие иностранные компании производят оборудование с многоканальной регистрацией, которое есть у нескольких компаний в России. У отечественных производителей также есть разработки многоканальных приборов, но они не очень внедрены в производство, или об этом нет достаточной информации.

Выбор количества используемых приборов необходимо выполнять исходя из системы наблюдения, количество ПВ, других технических параметров, а также стоимости работ и простоя. В принципе, оборудование в РФ есть, как российского, так и зарубежного производства, с учетом обсуждения с сервисными компаниями, оно не сильно загружено. Поэтому можно сказать, что в этом пока проблем нет.

Что касается источников, то тут так же не видится особых проблем, так как буровые станки есть, взрывчатка то же, вибраторы есть как иностранные, так и российские.

Подрядчики

Рынок подрядчиков можно разделить на несколько групп: это компании полного цикла, которые могут полностью сами выполнить весь проект ВСП от планирования, поля до интерпретации. А также компании, специализирующиеся отдельных видах работ, чаще всего камеральных или супервайзерских. Можно выделить отдельно компании, которые производят оборудование и ПО, хотя во многих случаях исполнители полевых работ имеют свое ПО. Также компании можно разделить на несколько групп по локации баз и оборудования, а также размерам компании / количеству комплектов.

В принципе, если не уходить в детали, то сейчас на рынке есть достаточно исполнителей для выполнения работ ВСП. Основной вопрос в качестве услуг и их стоимости, но при желании можно найти подходящую компанию или совместно организовать несколько исполнителей для оптимального выполнения проекта.

Программное обеспечение для ВСП

На рынке у разных компаний, есть разные программные продукты для работы с ВСП данными, при этом существуют несколько школ/подходов при обработке данных, алгоритмы отличаются и как следствие результаты, что было показано выше. Некоторые программные продукты могут решать весь спектр задач, а в некоторых отсутствуют ряд актуальных процедур. Также на рынке были иностранные пакеты, но сейчас доступ к ним ограничен или даже закрыт.

Одной из основных проблем тут видится именно отсутствие единых сертифицированных программных продуктов, с проверенными алгоритмами обработки. И, самое главное, подходы и опыт исполнителей работ, от кото-

рого очень существенно зависит получаемый результат.

Специалисты по ВСП

Советская, да и далее российская школа ВСП считается самой продвинутой, но с учетом снижения объемов работ за последние годы большая часть специалистов переквалифицируется или уходит из направления, при этом, пришедшие молодые тоже ненадолго задерживаются в связи с постоянными кризисами в отрасли и уменьшением объемов работ. Фактически, сейчас ВСП во многом выглядит не столь перспективным направлением как ГИС или наземная сейсмика, поэтому закономерна проблема кадров и их качества.

Если в сервисных и производственных компаниях еще сохранились и развиваются кадры которые разбираются в ВСП, то у заказчиков вопрос с персоналом знающим ВСП и способным запланировать, обосновать работы и скомплексировать результаты с большой сейсмикой стоит очень критично. Отдельные курсы от экспертов отрасли не способны точно решить проблему. Поэтому вопросу персонала и его компетенциям в вопросе ВСП необходимо уделить особое внимание.

Варианты повышения эффективности работ ВСП и тенденции

Основополагающим залогом успеха любого метода исследований является поставка корректных геолого-геофизических задач, при этом, необходимо четко понимать, что часть этих задач может быть решена только частично или вовсе не решена. Качество решение геолого-геофизических задач в первую очередь зависит от технологии и методики проведения полевых работ ВСП. Поэтому для оценки решения задач необходимо выполнять качественное планирование с применением сейсмоге-

ологического моделирования для конкретных конструкций скважины, геологического строения разреза, поверхностных ограничений, технических возможностей и коммерческой оценки проекта. Не ставить перед работами невыполнимых, с теоретической точки зрения, задач. ВСП это всего лишь один из инструментов поиска решения обратной задачи, у которой множество решений.

Очень важно корректно и честно проводить анализ результатов работ, определять решения задач, проблемы, с которыми, столкнулись и как решались. Надо стандартизировать подходы к различным этапам работ от проектирования до интерпретации с введением систем контроля качества и интерпретационного сопровождения работ. Ну и самое главное, правильно представлять и обосновывать работы ВСП на разных уровнях заказчика: сейсмик, петрофизик, интерпретатор, геолог, разработчик и, конечно же, менеджер, так как у всех свои взгляды на данные, масштабы данных и задачи.

Обработчику сейсмики 2D и 3D от ВСП нужны одни результаты (скорости, поглощение, уровень кратных волн, анизотропия и другие), для интерпретатора (разрешенность разреза, освещение интересующих интервалов и т.д.), для геолога (разломы и т.д.), для разработчика свои данные. И от того какую задачу решить и для кого зависят модификации метода или классическое ВСП, или 3D ВСП или оптоволоконная регистрация (DAS – Distributed Acoustic Sensing), в том числе для задач мониторинга разработки.

Инструмент в виде 3D ВСП может быть эффективно применен для решения «тонких» задач оценки геолого-геофизических характеристик разреза и активно применяется в мире.

В России в скважинных технологиях внедряются новые возможности, в том числе использование оптико-волокон-

ного оборудования и регистрации на него не только температур, давления и шумов, но и сейсмических данных ВСП. В мире и в России уже на многих проектах активно применяют данную технологию. Конечно, есть еще много вопросов к технологическим схемам, качеству данных, подходам к обработке и интерпретации, но уже есть реальные результаты, которые получены и используются в геологоразведке и разработке. Поэтому надо детальнее подойти к возможным задачам и проблемам для решения, которых может быть использована одна из разновидностей стандартного или оптоволоконного ВСП.

Благодарности

Автор выражает огромную благодарность всем, кто помогал в сборе данных, участвовал в работах по проектам ВСП, а также подготовки материалов публикации.

Литература

1. Андреев А.Ю., Керусов И.Н., Бляс Э. А., Митин А.В., Черкашнев С.А., Моделирование и дизайн полевых работ ВСП МОГ для оценки VTI/TTI анизотропии, EAGE-2019, г. Тюмень, Россия.
2. Баранов К.В., Рыков А.П., Облеков Р.Г., Хабаров А.В., Черкашнев С.А., Королев А.Е., Кишкель И.В., Самина Н.М., Фролова В.А., Токарев Н.А., Шевченко А.А. Финальные результаты обработки сейсмических данных 3D ВСП, зарегистрированных оптоволоконными измерительными системами (ОВИС) на Пильтун-Астохском месторождении // Геофизика, №1, 2024, с 2-14.
3. Горбачев С.В., Титов А.Б., Черкашнев С.А. Пример планирования и реализации ВСП в наклонно-направленной скважине // Приборы и системы разведочной геофизики, Саратов, №2, 2022, с 32-42.
4. Жужель А.С., Ленский В.А., Иркабаев Д.Р., Шарова Т.Н. Выбор модификации скважинной сейсморазведки при изучении околоскважинного пространства // Бурение и нефть, 2018.

5. Ленский В.А., Жужель А.С., Шарафу-динов Т.Р. Современное состояние скважинной сейсморазведки (ВСП) в России // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, №1, 2019, с. 29-36.

6. Слонов Д., Горбачев С.В. Инструкция по сейсморазведке – догмат или фундамент развития отрасли // Приборы и системы разведочной геофизики, Саратов, №1, 2023, с 6-14.

7. Судакова М.С., Белов М.В., Понимаскин А.О., Пирогова А.С., Токарев М.Ю., Колубакин А.А. Особенности обработки данных вертикального сейсмического профилирования морских малоглубинных скважин с волоконно-оптическими распределенными системами // Геофизика, 6, 2021, с111-119.

8. Табаков А.А., Баранов К.В., Рыковская А.В., Копчиков А.В. Методика и некоторые результаты обработки данных МОГ и 3D ВСП // Технологии сейсморазведки, №2, 2006, с.8-13.

9. Тихонов А.А. Современное состояние технология ВСП // «ГеоЕвразия 2018», Москва, 5-8 февраля 2018.

10. Хромова И.Ю., Николаев Д.А. Что ожидает наземная сейсморазведка от скважинных сейсмических исследований // Нефтегазсервис. – 2013. – № 1. – С. 38–41.

11. Шехтман Г.А., Кузнецов В.М., Горбачев С.В., Жуков А.П. Решение методических и геологических задач методом ВСП в условиях вечной мерзлоты // Геофизика, 6, 2019.

12. Шехтман Г.А. «Вертикальное сейсмическое профилирование» -М: ООО «ЕАГЭ Геомодель», 2017г -286 с.

Подробнее об авторе



Горбачев
Сергей Викторович,

к.т.н.,
начальник управления
реализации ГРП ООО
«РН-Шельф-Арктика»,

доцент Высшей школы
инновационного бизнеса
МГУ