

С. В. Яскевич¹

Пример практической значимости контроля качества процедур обработки данных скважинного микросейсмического мониторинга

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: YaskevichSV@ipgg.sbras.ru

Аннотация. В рамках контроля качества работ по микросейсмическому мониторингу ГРП на горизонтальных скважинах была выполнена оценка качества работ сервисной компании в ходе скважинного микросейсмического мониторинга восьми стадий ГРП горизонтального окончания добывающей скважины. Для наблюдения использовалась ближайшая вертикальная скважина сейсмоприемники находились в ее вертикальной части. Задачами являлись контроль полноты передаваемых материалов, контроль качества обработки по отчетным материалам, происходило активное общение с непосредственным исполнителем, что привело к непосредственным изменениям как отчета, так и отчетных материалов. Основы конструктивного взаимодействия были заложены корректным техническим заданием. Контроль качества помог обратить внимание на человеческий фактор, и получить корректное изображение трещин гидроразрыва пласта. В рамках работы мы обозначаем проблемы качества исходных данных и важность подбора корректной скважины для расположения оборудования.

Ключевые слова: скважинный микросейсмический мониторинг, интерферометрия, прижатие, резонансные колебания, гидроразрыв

*S. V. Yaskevich **

An example of the practical importance of quality control of downhole microseismic monitoring data processing procedures

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: YaskevichSV@ipgg.sbras.ru

Abstract. As part of the quality control of work on microseismic monitoring of hydraulic fracturing in horizontal wells, an assessment was made of the quality of work of the service company during downhole microseismic monitoring of eight stages of hydraulic fracturing at the horizontal end of a producing well. For observation, the nearest vertical well was used; seismic receivers were located in its vertical part. The tasks were to control the completeness of the transmitted materials, control the quality of processing of the reporting materials, there was active communication with the direct executor, which led to direct changes in both the report and the reporting materials. The foundations for constructive interaction were laid by the design of the correct technical specifications. Quality control helped to pay attention to the human factor and obtain correct images of hydraulic fracturing cracks. As part of the work, we identify problems with the quality of initial data and the importance of selecting the correct well for the location of equipment.

Keywords: borehole microseismic monitoring, interferometry, clamping, resonant vibrations, hydraulic fracturing.

Введение

В России гидроразрыв пласта (ГРП) применяется на многих месторождениях нефти и газа. Понимание предполагаемой геометрии трещины ГРП опирается на знание напряжённого состояния среды, свойств используемой жидкости ГРП, пропанта других параметров. Для описания или для попытки описания геометрии трещины ГРП могут применяться различные методы, среди которых важное место занимает скважинный микросейсмический мониторинг.

Контроль качества результатов является неотъемлемой частью любых геофизических изысканий. Скважинный микросейсмический мониторинг применяется в России с 2012 года, и до 2021-2022 годов выполнялся единичными организациями. В недавние годы сформировались компании, выполняющие отечественный сервис в данной области. Как и в первоначальных примерах применения так и сейчас, для понимания корректности результатов необходим контроль качества работ. Независимое сравнение результатов обработки оказывается полезным инструментом контроля качества локализации и такие работы имеют место в современной индустрии [1, 2]. Кроме сравнения результатов анализу подлежит весь объем передаваемых промежуточных материалов, как показывает опыт этой работы именно диалог, основанный на промежуточных результатах улучшает качество получаемых результатов. На сегодняшний день промежуточные результаты обработки передаются редко и это сильно затрудняет процедуры контроля качества. Компании стараются передать часть промежуточных результатов в необщепринятых форматах и требующие узкоспециализированного ПО для их отображения. Формат наиболее полной передачи обсуждается в работе [3].

В рамках нашей работы мы обозначаем проблемы качества исходных данных и важность подбора корректной скважины для расположения оборудования. Показываем, как проблемы с качеством исходных материалов повлияли на корректность выполняемых работ.

Система наблюдений и примеры данных.

Расположение системы мониторинга относительно портов ГРП показано на Рис. 1. Сейсмоприемники располагались в вертикальной наблюдательной скважине в непосредственной близости к объекту мониторинга. Глубина сейсмоприемников определялась запросом заказчика уточнить наличие геомеханических барьеров как сверху, так и снизу портов закачки. Границы, показанные на рис.1 выше и ниже перфорационных событий, соответствуют границам целевого пласта. В наблюдательной скважине идентифицировались проблемы с цементацией – практически на всем протяжении расстановки сейсмоприемников в скважине, в принципе эти проблемы идентифицировались заранее, в удаленном от реальности мире такая скважина не должна была бы рассматриваться как мониторинговая.

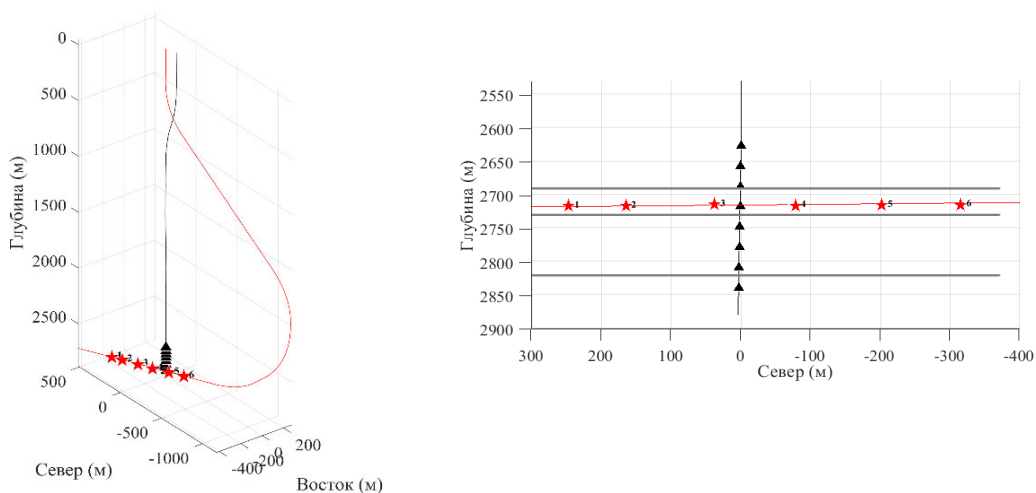


Рис. 1. Система наблюдений черные треугольные маркеры, порты ГРП красные маркеры в форме звездочек. Серые линии – границы скоростной модели .

Было зарегистрировано порядка 100 событий на 5 стадий гидроразрыва, что относительно мало для работ по микросейсмическому мониторингу. Примеры записей показаны на Рис. 2. На записях идентифицируются интенсивные осцилляции после первых вступлений, что говорит о плохом прижатии прибора к стенке скважины практически у всех сейсмоприемников. Для 8-го сейсмоприемника запись большого числа данных была некондиционной. Тем не менее для приемников 1-7 можно с пониженной точностью определить времена прихода. Основная проблема заключается в том, что из-за плохого прижатия мы теряем множество событий, у которых не идентифицируется продольная волна.

Проблемы качества записи 8-ого сейсмоприемника идентифицировались при исследованиях качества прижатия методом сейсмической интерферрометрии (мы, к сожалению, тут не можем представить этот результат). Проблемы с прижатием остальных сейсмоприемников идентифицировались на записях наземных событий. Наиболее явно пример такой идентификации показан на Рис. 3, где на спектре записей наземных воздействий на частоте около 100 Гц наблюдается амплитудный пик, который не соответствует модели затухания высоких частот для взрывного источника. В целом, этих проблем можно было избежать при дизайне системы наблюдения и выбора скважины с качественным цементированием.

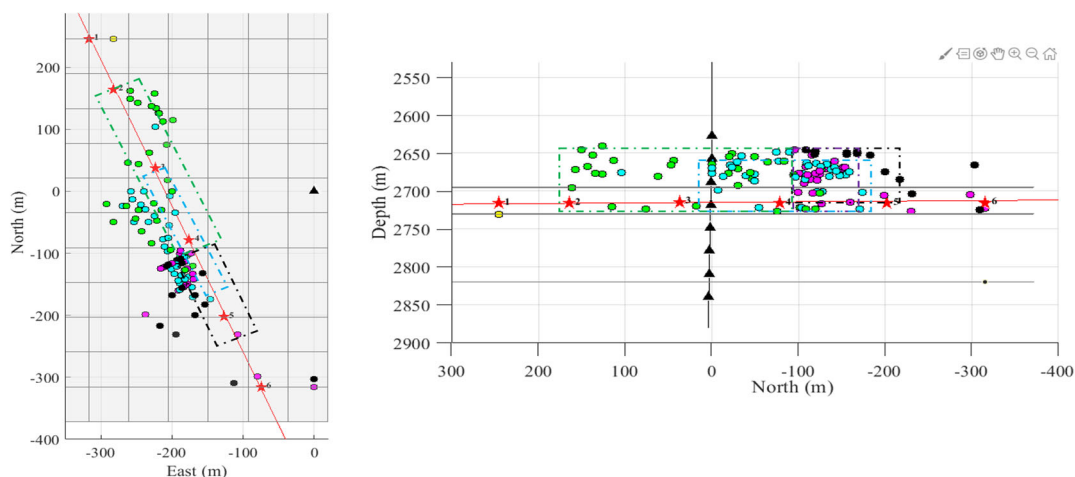


Рис. 4. Система наблюдений черные треугольные маркеры, порты ГРП красные маркеры в форме звездочек. Серые линии – границы скоростной модели

Заключение

В процессе обработки данных полученных мониторинговой скважиной, была выполнена локализация микросейсмических событий и интерпретация их расположения относительно скважины и портов закачки. По результатам работы предлагаем следующие выводы:

1. Было локализовано 110 событий (для стадий 1-5). Локализация событий выполнялась в единой пятислойной модели, достаточно хорошо описывающей наблюдаемые годографы, для построения скоростной модели использовались годографы от всех микросейсмических событий и от всех калибровочных событий типа "падение-шара";

2. Большая часть событий наблюдаются значительно выше портов закачки, также можно относительно уверенно воспринимать полученные оценки полудлин трещин на стадиях 2-3-4, которые можно грубо оценить, как 300, 200 и 100 м., также можно сказать, что преимущественно происходит асимметричный рост трещин;

3. Качество данных в целом низкое, осцилляции после вступления волн говорят о плохом прижатии приборов в скважине (одной из наиболее вероятных причин этого является плохой цементаж в мониторинговой скважине). Паразитные колебания находятся в значительной мере в спектральной области полезного сигнала. В основном эти помехи присутствуют на горизонтальных компонентах, эти помехи значительно снижают достоверность поляризационного анализа и определенных времен прихода волн.

Благодарности

Исследование поддержано проектом РФФ № 23-29-00201

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Li C. et al. Evaluating the quality of microseismic event locations //SEG International Exposition and Annual Meeting. – SEG, 2012. – С. SEG-2012-1155. 2.

2. Akram J., Yang Y., Peter D. B. Comparison of hypocentre locations from the reprocessing of a downhole microseismic dataset //Geophysical Prospecting. – 2022. – Т. 70. – №. 3. – С. 459-478.

3. Яскевич С. В., Дучков А. А., Мясников А. В. Микросейсмический мониторинг-состояние и проблемы унификации данных //Каротажник. – 2018. – №. 4. – С. 93-100.

© С. В. Яскевич, 2024