

## Результаты локализации событий, полученные различными обработчиками в скважинном микросейсмическом мониторинге, и их анализ

*С. В. Яскевич<sup>1,2\*</sup>, А. А. Дучков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт земной коры СО РАН, Российская Федерация

\* e-mail: yaskevichsv@gmail.com

**Аннотация.** В работе приводится сравнение результатов обработки четырех разных компаний для одного и того же объема данных. Основной фокус работы связан с оценкой качества построения скоростной модели среды. Оказалось, что исполнители использовали достаточно отличные друг от друга модели, и, соответственно, получили отличные друг от друга результаты на примере одного из событий. Мы проанализировали качество локализации перфорационных событий в данных моделях и качество подбора времен, как для перфораций так и для одного из микросейсмических событий.

**Ключевые слова:** микросейсмический мониторинг, скоростная модель, контроль качества

## Event localization results obtained by various processors in downhole microseismic monitoring and their analysis

*S. V. Yaskevich<sup>1,2\*</sup>, A. A. Duchkov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk,  
Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of the Earth's Crust SB RAS, Russian Federation

\* e-mail: yaskevichsv@gmail.com

**Abstract.** The paper compares the processing results of four different companies for the same amount of data. The main focus of the work is related to assessing the quality of building a velocity model of the medium. It turned out that the performers used quite different models from each other, and, accordingly, received different results from each other on the example of one of the events. We analyzed the quality of localization of perforation events in these models and the quality of timing, both for perforations and for one of the microseismic events.

**Keywords:** microseismic monitoring, velocity model, quality control

### *Введение*

Скважинный микросейсмический мониторинг (МСМ) – технология, которая часто применяется для оценки геометрии трещины ГРП [1]. В основе технологии лежит предположение о том, что рост трещины ГРП оконтурен множеством слабых землетрясений (микросейсмических событий), сами множества часто называют «облаками» событий. Облака гипоцентров наблюдаемых событий позволяют судить о геометрии магистральных трещин, в случае достаточной представительности.

В данной работе, проводился анализ обработки данных МСМ от исполнителей А, В, С и D. Поэтапный анализ обработки скважинных микросейсмических данных позволяет сравнить результаты различных компаний и улучшить достоверность определения истинных положений гипоцентров. Более детальному сравнению подвергаются события с одинаковыми временами прихода, выполняется поляризационный анализ, и в предлагаемой скоростной модели выполняется локализация микросейсмических событий. Сравнение результатов оказывается полезным инструментом контроля качества локализации и такие работы имеют место в современной индустрии [2,3].

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 [4].

### *Сравнение результатов*

В рамках процедур контроля качества, сначала выполняется сравнение переданных скоростных моделей различных исполнителей – с точки зрения их использования для локализации перфорационных событий, и их влияние на результаты. Дополнительно, для этих перфораций, нами были определены времена прихода продольных и поперечных волн. Далее, для перфорационных событий в скоростных моделях от разных обработчиков минимизировались отличия наблюдаемых времен прихода волн от расчётных (в переданных скоростных моделях). Результаты для перфораций стадии 1 приведены на Рис. 1, для перфораций стадии 10 приведены на Рис. 2. Крупными синими круглыми маркерами показаны действительные положения перфорационных событий, разноцветными круглыми маркерами показаны локализованные положения перфораций. Самые большие отличия в локализации перфораций наблюдаются для скоростной модели обработчика А, хотя модель по сравнению со всеми прочими имеет наиболее сложную структуру – наибольшее количество слоев. Также существенны отличия для скоростной модели обработчика В. Обработчики С и D показывают схожие результаты локализации перфораций. Скоростная модель обработчика D позволяет точнее локализовать события для стадии 1, но менее точно для стадии 10. Отличия при локализации перфораций также приведены в табл. 1. Важным критерием оценки качества являются получаемые невязки времен – они приведены в табл. 2, в скоростных моделях А и В наблюдаются наибольшие невязки, что является индикатором некорректности скоростной модели. Невязки для перфораций первой стадии больше, так как наблюдаются и Р и S волны, уровень невязок более 2 мс – для перфорационных событий – это большие значения невязок. Для стадии 10 невязки маленькие, так как в данных не наблюдается поперечных волн.

Следующим тестом было сравнение точности локализации микросейсмического события, здесь существенным отличием является то, что координаты события являются неизвестными и определить точность локализации невозможно.

В таком случае остается сравнивать локации (которые получил каждый из исполнителей) друг с другом и оценивать невязки времен. Скоростная модель обработчика В приводит к сильно отличающемуся положению микросейсмических событий (Рис. 2). Обработчики С и D получают схожие результаты. Наименьшие невязки времен у проанализированного микросейсмического события наблюдаются у обработчика С. Невязки времен прихода Р-, S- волн оцениваются между рассчитанными временами прихода волн из переданных скоростных моделей и определенных по сейсмограммам.

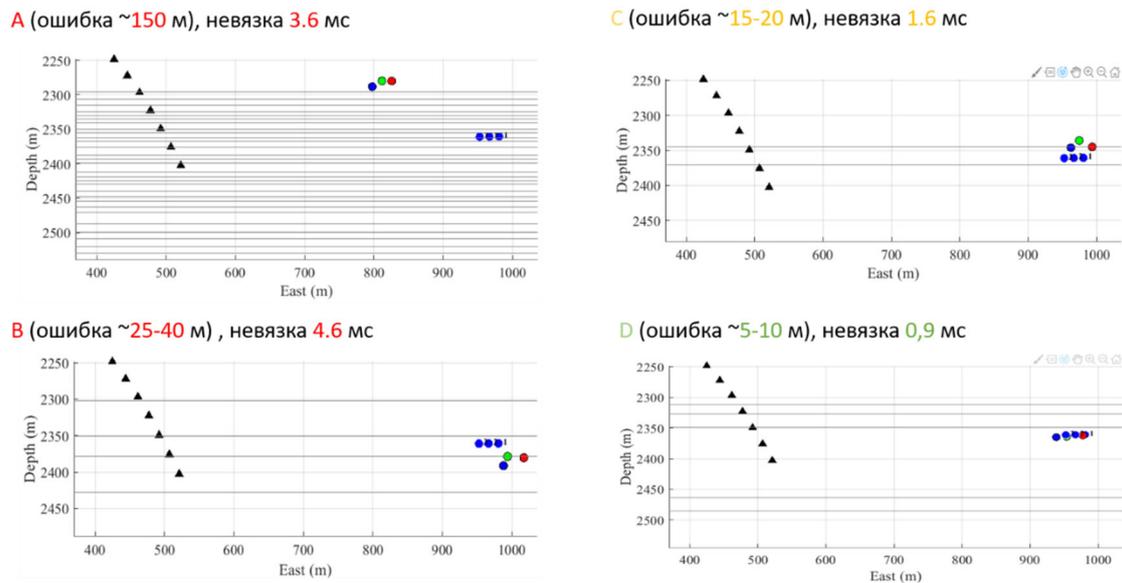


Рис. 1. Сравнение точности локализации первой перфорации для четырех обрабатывающих компаний, вид сбоку, линии показывают использованные границы слоев среды

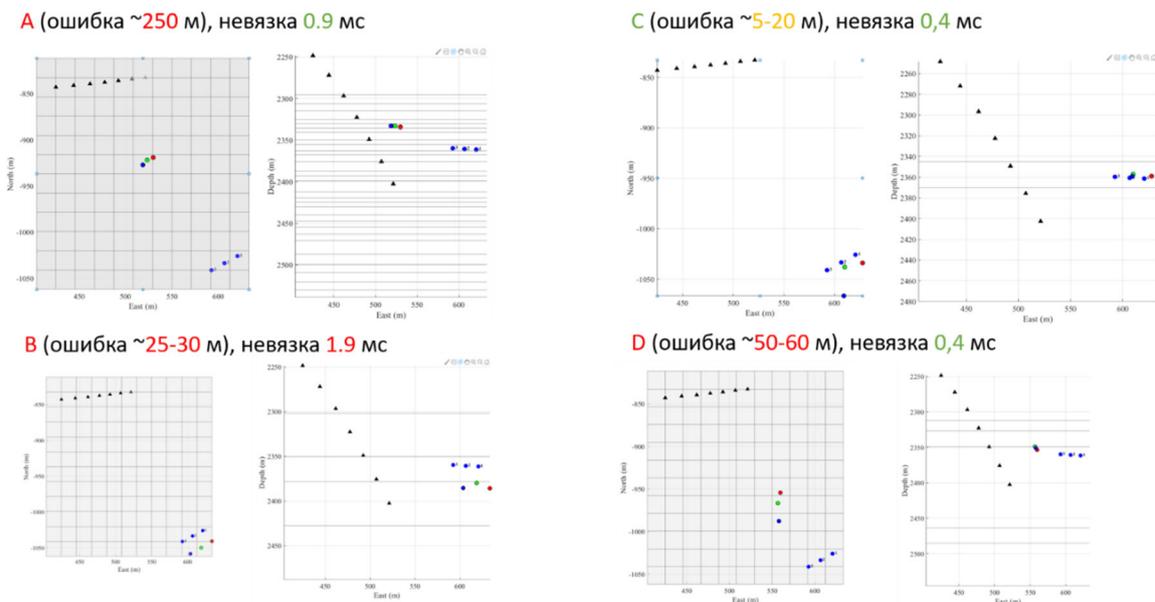


Рис. 2. Сравнение точности локализации первой перфорации для четырех обрабатывающих компаний, вид сверху и сбоку

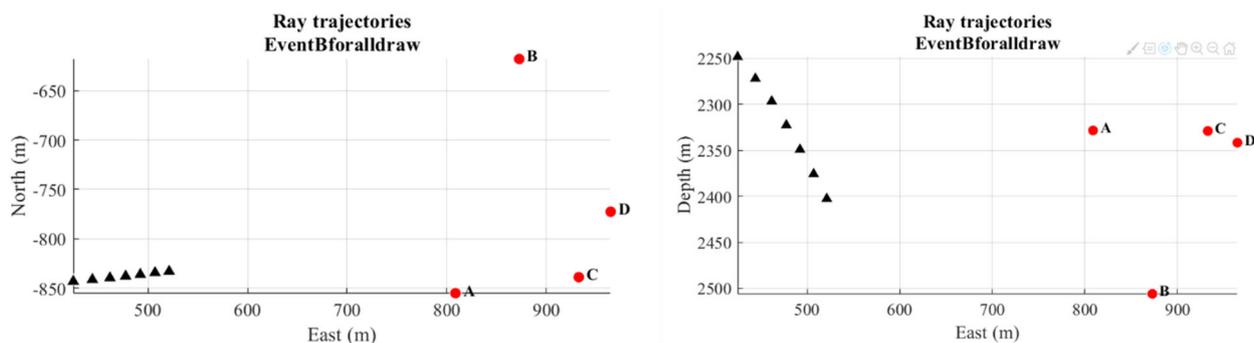


Рис. 3. Сравнение локаций одного из микросейсмических событий разными компаниями

Таблица 1

Точность локализации перфорационных событий для 2 стадий и различных скоростных моделей

Критерии оценки	Исполнитель			
	A	B	C	D
Точность локализации перфораций (стадия 1) без подсадки (м)	150	30	15	5
Локализация перфораций (стадия 10) без подсадки (м)	250	30	10	60

Таблица 2.

Невязки подбора времен двух перфорационных событий

Критерии оценки	Исполнитель			
	A	B	C	D
Невязка при локализации перфораций (стадия 1) (мс)	3.6	4.6	1.6	0.9
Невязка при локализации перфораций (стадия 10) (мс)	0.9	1.9	0.4	0.4
Невязка при локализации события (мс)	5	7	3	4.6

### Выводы

Обработка материалов скважинного микросейсмического мониторинга – процесс с известными процедурами и результатами обработки. В нашей работе мы кратко представили экспресс сравнение результатов обработки четырех различных компаний с точки зрения оценки некоторых этапов обработки.

На примере проанализированных скоростных моделей и примере локализации перфорационного события продемонстрированы существенные отличия результатов обработки. В условиях идентичности метрик (точность локализации перфораций, невязки) – эти отличия говорили бы о неоднозначности метода в условиях применяемой системы наблюдений. Текущее сравнение говорит о необходимости контроля качества на этапе обработки перед интерпретацией результатов.

Представленные результаты не передают полноты контроля качества в широком понимании этого процесса, однако указывают на важность передачи внутренних материалов обработки и контроля качества как такового.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rutledge J. T., Phillips W. S. Hydraulic stimulation of natural fractures as revealed by induced microearthquakes, Carthage Cotton Valley gas field, east Texas // *Geophysics*. – 2003. – Т. 68. – №. 2. – С. 441-452.
2. Li, C., Dohmen, T., Morton, S., Katahara, K., Hayles, K., Checkles, S., Blangy, J. P. Evaluating the quality of microseismic event locations // *SEG Technical Program Expanded Abstracts 2012*. – Society of Exploration Geophysicists, 2012. – С. 1-5
3. Akram J., Yang Y., Peter D. B. Comparison of hypocenter locations from the reprocessing of a downhole microseismic data set // *Geophysical Prospecting*. – 2021.
4. Яскевич С.В., Дучков А.А., Мясников А.В. Микросейсмический мониторинг - состояние и проблемы унификации данных // *Каротажник*. – 2018. – № 4 (286). – С. 93-100

© С. В. Яскевич, А. А. Дучков, 2022