

Реальность и перспективы технологии микросейсмического мониторинга

■ Плотников Б.С., ООО «Газпромнефть-Технологические партнерства»

■ Черкашнев С.А., эксперт-консультант

Микросейсмический мониторинг (МСМ) уже давно стал признанной за рубежом технологией, важным производственным элементом в процессе добычи углеводородов. Рост количества горизонтальных скважин и операций ГРП способствуют развитию данного метода и в России. Несмотря на мировое признание, результат микросейсмических исследований и его последующее использование все еще вызывает много вопросов и, в первую очередь, у добывающих компаний. В рамках данной работы была предпринята попытка разобраться в природе существующих вопросов и причинах недоверия к методу МСМ, чтобы определить возможные пути их решения.

В лаборатории геофизики Центра Комплексного Инжиниринга ООО «Газпромнефть-Технологические Партнерства» был инициирован опрос, в ходе которого респондентам было предложено рассмотреть 24 утверждения и выбрать степень своего согласия по четырехбалльной шкале. Опрос состоял из 6 блоков, направленных на оценку различных аспектов МСМ:

- Блок 1: Определение уровня знакомства респондента с МСМ;
- Блок 2: Определение уровня зрелости технологии МСМ;
- Блок 3: Наличие инструментов для работы с данными МСМ;
- Блок 4: Оценка слабых мест МСМ;

•Блок 5: Что бы Вы хотели улучшить при работе с МСМ?

Блок 6: Специализация респондентов.

Сбор ответов проходил в онлайн-формате через платформу survio.com в течение 23 дней в период с 14.07.2021 по 05.08.2021. Всего в опросе приняли участие 113 человек, из которых 64 прошли его до конца (Рис. 1).

Для анализа результатов исследования были построены диаграммы, отражающие распределение ответов участников по различным категориям. Участники опроса, в основном, были представлены специалистами в области геологии и сейсморазведки (70%), работающими в сервисных и добывающих компаниях или их научно-технических центрах. Большая часть опрошенных (89%) в последнее время работала с активами средней и высокой изученности и знакома с методами микросейсмического мониторинга - согласно опросу 85% знакомы с методами МСМ и 71% видит в этих работах ценность (Рис. 2).

По большому счёту, на этом анализ результатов исследования можно было бы прекратить. Действительно, как мы видим из статистики выше, большинство участников и с методом знакомы, и ценность видят. Однако, дальнейший анализ ответов респондентов был не столь оптимистичным.

Согласно результатам опроса, в 64% случаев у компаний, где работают респон-

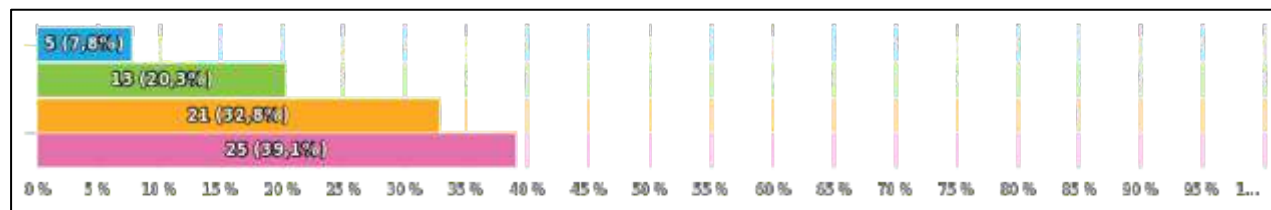
▼ Рис. 1. Общая статистика опроса.



● Общее количество посещений (113) ● Количество человек полностью завершивших опрос (64)

Утверждение: Я вижу и понимаю ценность результатов МСМ

Вариант ответа	Ответы	Доля
Совершенно неверно	5	7.81%
Скорее неверно	13	20.31%
Скорее верно	21	32.81%
Совершенно верно	25	39.06%



▲ Рис. 2. Распределение ответов участников в части ценности результатов МСМ.

денты, отсутствует центр экспертизы по микросейсмическому мониторингу. И вот здесь хотелось бы отойти от «сухой» статистики и немного порассуждать: а кто же тогда использует и экспертирует микросейсмику? Ответ, который нам диктует действительность, до парадоксальности прост – специалисты-сеймики, специализирующиеся на разведочной геофизике. Это же микроСейсмика, кому же еще как не сейсмикам этим заниматься?! Действительно, измерения базируются на регистрации полей упругих колебаний с последующим решением обратной задачи (в первую очередь кинематической). Но на этих общих принципах сходство МСМ и разведочной сейсморазведки заканчивается. Дальнейший процесс обработки, контроль качества и получаемый результат в корне отличается от того, с чем имеют дело сейсморазведчики в рамках своей традиционной деятельности. Здесь нужно сделать одну оговорку: скважинный

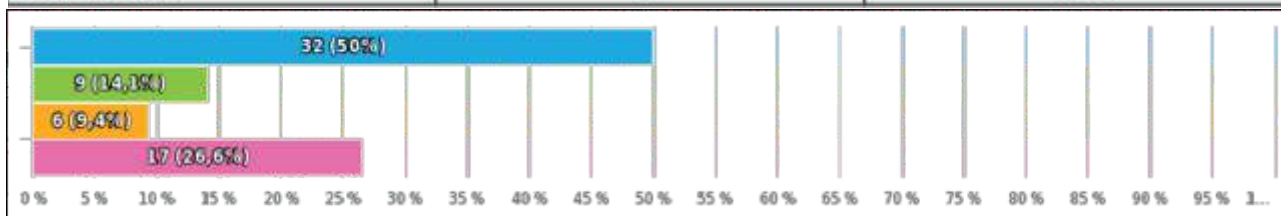
вариант МСМ по своей специфике и виду данных наиболее близок к ВСП, однако, специалисты, имеющие широкий опыт современного ВСП у Заказчика, тоже большая редкость. Вот мы и получаем ситуацию, когда специалист-сейсмик, привыкший работать и анализировать профили или кубы 3D, сталкивается с абсолютно новым типом данных, должен с ним что-то сделать, как-то проанализировать. При этом, как правило, в качестве дополнительных задач, в нагрузку к основной деятельности. Прибавим к этому, что в 64% случаев (Рис. 3) у этих сейсмиков отсутствует специализированное ПО для работы с данными МСМ и получим совершенно ясную картину – конечный пользователь продукта МСМ в периметре Заказчика отсутствует.

Отсутствие конечного пользователя МСМ и, как следствие, отсутствие внедрения результатов в последующую цепочку (реди-зайн ГРП, геологическое и гидродинамичес-

▼ Рис. 3. Распределение ответов участников в части использования специализированного ПО.

Утверждение: Я использую специализированные инструменты (в т.ч. ПО) для работы с данными МСМ

Вариант ответа	Ответы	Доля
Совершенно неверно	32	50%
Скорее неверно	9	14.06%
Скорее верно	6	9.38%
Совершенно верно	17	26.56%



кое моделирование) – основополагающая, но не единственная проблема. Опять хочется провести аналогию с наземной сейсморазведкой – сейсмоки предоставляют карты и/или кубы свойств (структурные, фациальные и т.д.), далее они идут на вход геологической модели, после этого геологическая модель ремасштабируется и идет в гидродинамику. На каждом шаге есть преимущество процесса, каждый следующий шаг так или иначе зависит от предыдущего и влияет на финальный результат: профили добычи и экономику проекта. Что мы имеем в случае с МСМ? Как правило, все заканчивается презентацией, где авторы демонстрируют локализованные микросейсмические событиями в виде цветных шариков или карт плотности событий. В лучшем случае это дополняется попыткой геологической интерпретации и сопоставлением с графиками закачки жидкости и пропанта. Что с этим делать дальше? К сожалению, во многих случаях, на этот вопрос не то, что не пытаются ответить, а даже не задают. Почему? Потому что некому этот вопрос задавать – нет конечного пользователя, нет понятной схемы интеграции результатов МСМ в последующий цикл работ.

Безусловно существуют исключения, в рамках которых предпринимались попытки интегрирования данных МСМ в геологическую модель. На (Рис. 4) представлены разрезы нефтенасыщенности до и после учёта данных МСМ, на которых видно, как происходит изменение свойств ячеек после интегрирования информации о трещиноватости, полученных на основании данных микросейсмического мониторинга. Мы видим, что есть какие-то изменения, но на что они влияют и корректно ли данные МСМ были учтены не до конца понятно.

На все это накладывается еще одна проблема – тотальное недоверие к точности локализации микросейсмических событий. Это недоверие отчасти оправдано, т.к. практические результаты неоднократно показывали существенные различия, полученные при обработке одних и тех же данных разными исполнителями. При этом, может наблюдаться и обратная картина, когда качественно обработанные данные пытаются подвергнуть

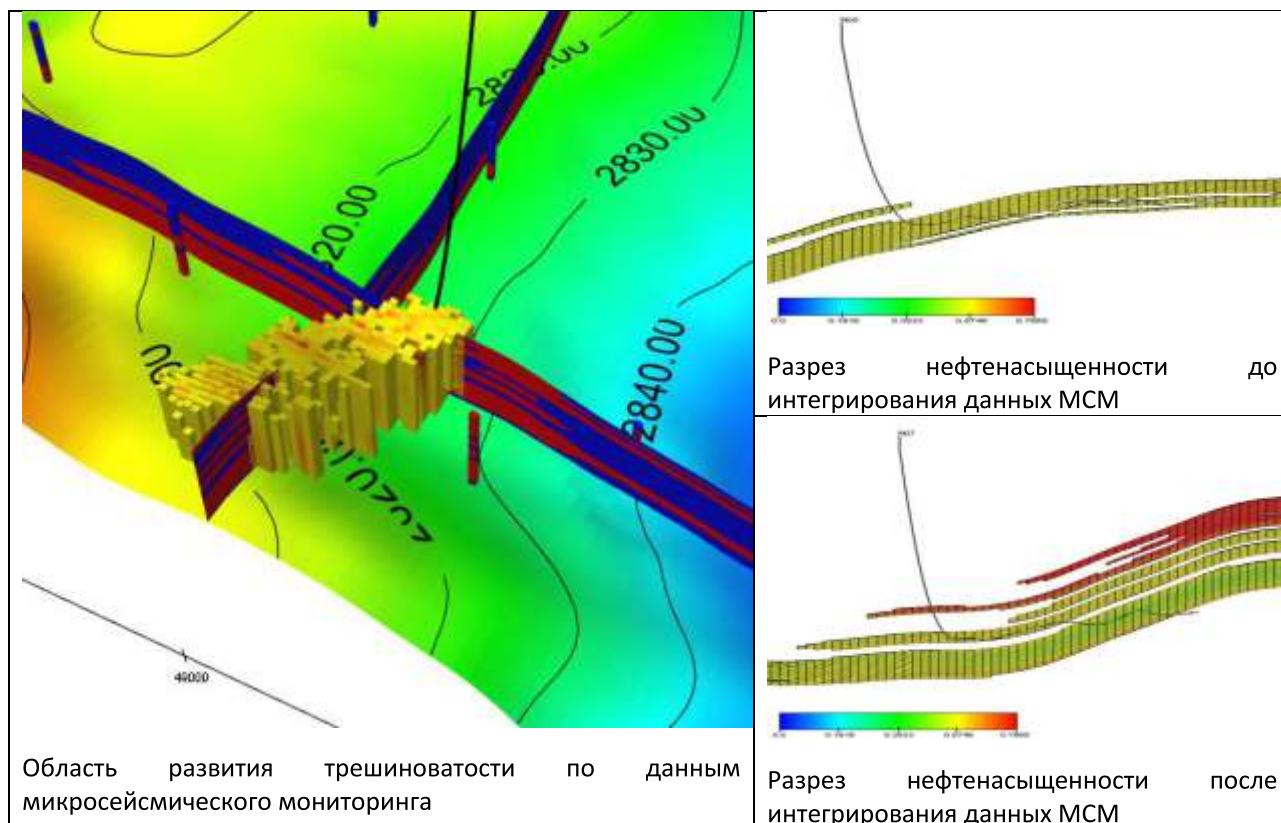
различным «фильтрациям» с целью соответствия чьей-то геологической концепции и/или различным симуляторам роста трещин ГРП. У этой проблемы есть главная причина – отсутствие стандартизированных подходов и методик к обработке данных МСМ (особенно актуально для поверхностного типа исследований). Так же стоит отметить отсутствие опытных супервайзеров, принимающих участие в проектировании, контроле качества полевых работ, обработке и интерпретации данных МСМ.

Действительно, если мы проанализируем типовые технические задания, которые добывающие компании выставляют на тендеры, то придем к простому выводу – там нет практически ничего про требования к обработке и интерпретации, в лучшем случае, прописано количество стадий ГРП, которые необходимо промониторить, время исследования и тип регистрирующей аппаратуры. Отчасти это объясняется тем, что МСМ является относительно молодым методом и сейчас проходит его становление и развитие, как это было с сейсморазведкой МОГТ-3D в начале 2000-х в России. Тогда, кстати, тоже в одном ТЗ было и поле, и обработка, и интерпретация, причем детализации, которую мы имеем сейчас, когда прописывается все, вплоть до параметров отдельно взятых процедур, конечно же не было, как, впрочем, и экспертизы со стороны Заказчика. Ситуация во многом схожая с тем, что мы имеем сейчас в МСМ.

Какие выводы из этого можно сделать?

В начале статьи мы сказали, что сейсморазведка и микросейсмический мониторинг являются отдельными направлениями геофизики. При этом микросейсмический мониторинг, а точнее его путь развития, скорее всего, будет во многом схож с сейсморазведкой. Это значит, что будут совершенствоваться методики обработки и интерпретации, будут формировать отраслевые стандарты качества, а самое главное – уровень компетенций и экспертизы будет постепенно смещаться от сервисных компаний в сторону добывающих.

Допустим, параллели в развитии МСМ и МОГТ-3D действительно уместны, но что нам



▲ Рис. 4. Пример интеграции данных МСМ в геологическую модель.

делать с этой информацией и как использовать? В период становления МОГТ-3D такие нефтяные гиганты как BP, Shell и ExxonMobil вкладывали значительные инвестиции в развитие технологии полевых работ, обработки и интерпретации, за счет чего первыми на рынке получали инструменты для детального прогноза свойств резервуара и делали с помощью этого инструмента крупные открытия, обеспечивая тем самым рост прибыли и капитализации компаний. По большому счёту, мы сейчас проходим аналогичный этап, когда российские компании-недропользователи, которые первыми осознают значимость технологического развития МСМ и начнут его опережающее внедрение, получат конкурентное преимущество в освоении нетрадиционных ресурсов.

Авторы выражают благодарность всем участникам опроса, а также коллегам Родионову В.В., Екименко А.В., Буторину А.В., Муртазину Д.Г., Алексееву А.Д., Шевчуку Т.Н., Касьяненко А.А., Олюнину А.В. и Дёмину В.Ю. за продуктивные обсуждения, комментарии и поддержку при выполнении данной работы.

Подробнее об авторах



Плотников
Богдан Сергеевич

Руководитель лаборатории геофизики Центра Комплексного Инжиниринга разведки и добычи нетрадиционных ресурсов ООО «Газпромнефть – Технологические Партнерства»



Черкашнев
Сергей Алексеевич

эксперт-консультант