

Помехоустойчивость и точность локализации микротрещин при гидроразрыве пластов с помощью интеллектуального робота «АРИО»

А.А. Табаков, Ю.А. Степченков, В.Н. Ференци

Введение

Сейсмомониторинг при ГРП является актуальной проблемой, поскольку направление развития трещины определяет разработку месторождения. Существующие методы, описанные в [1] и [2], основаны на решении обратной кинематической задачи по годографам от визуально прослеживаемых волн различных типов, возникающих в процессе образования трещин. Эти подходы трудоемки и требуют специалистов с высокой квалификацией.

Ниже представлен метод автоматической локализации событий при образовании трещины, основанный на использовании интеллектуального робота [3] «АРИО – Анализ данных, принятие Решения, Исполнение решения и Оценка результата».

С применением робота «АРИО» выполнено исследование точности и помехоустойчивости локализации микросейсмических событий при наблюдениях в скважине на продольных волнах. События задавались в горизонтальной плоскости, что не нарушает общности, поскольку объем можно представить как систему горизонтальных плоскостей.

Метод

Концепция интеллектуального робота заключается в воплощении интеллектуальной деятельности обработчика. Автоматический мониторинг при ГРП с использованием робота «АРИО» состоит из следующих основных этапов, требующих принятия решения:

1. Анализ первичных сейсмограмм 1С или 3С, обнаружение наиболее вероятных временных интервалов образования трещины.
2. Для каждого найденного интервала итеративно выполняется:
 - 2.1. расчет пространственного поля вероятностей обнаружения микросейсмического события на каждом времени внутри интервала;
 - 2.2. выделение события с наибольшей вероятностью обнаружения, определение его координат, времени возникновения и формы импульса;
 - 2.3. вычитание из исходного волнового поля обнаруженного события.
3. Построение результирующей карты локализации микросейсмических событий.

На рис.1. показана система наблюдения численного эксперимента. Красными точками вдоль прямой от производственной скважины показаны гипоцентры событий с различным отношением сигнал/шум: 10(1), 5(2), 2.5(3), 1.25(4), 0.8(5), 0.6(6), 0.4(7), 0.2(8), 0.1(9). Наблюдательная скважина состояла из 21 трехкомпонентных сейсмоприемников, расположенных на вертикальной прямой с шагом 20 м. На рис. 2 показана следящая компонента модельного волнового поля, рассчитанного для 9 заданных событий. На рис. 3 представлены поля вероятностей обнаружения первых 8-ми событий. На рис. 4 представлена результирующая карта локализованных событий. Размер события пропорционален энергии его сигнала, цветом обозначено время образования события. Крестом отмечены события (8 – отношение сигнал/шум 0.2 и 9 – отношение сигнал/шум 0.1), локализация которых не достоверна.

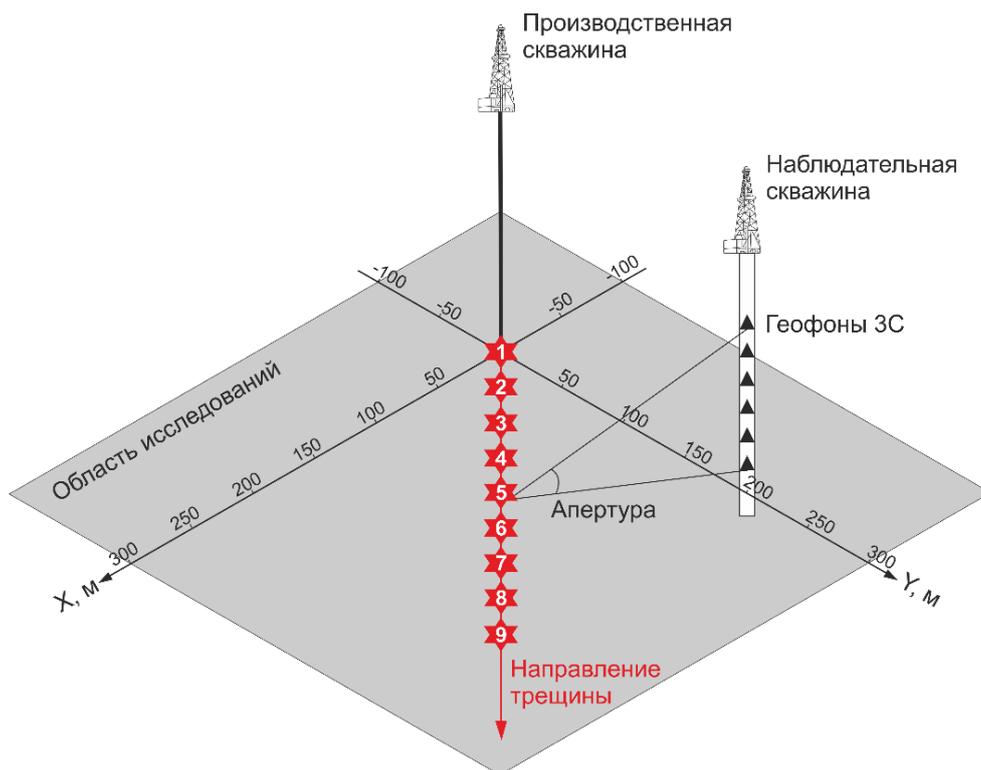


Рисунок 1. Геометрия системы наблюдения

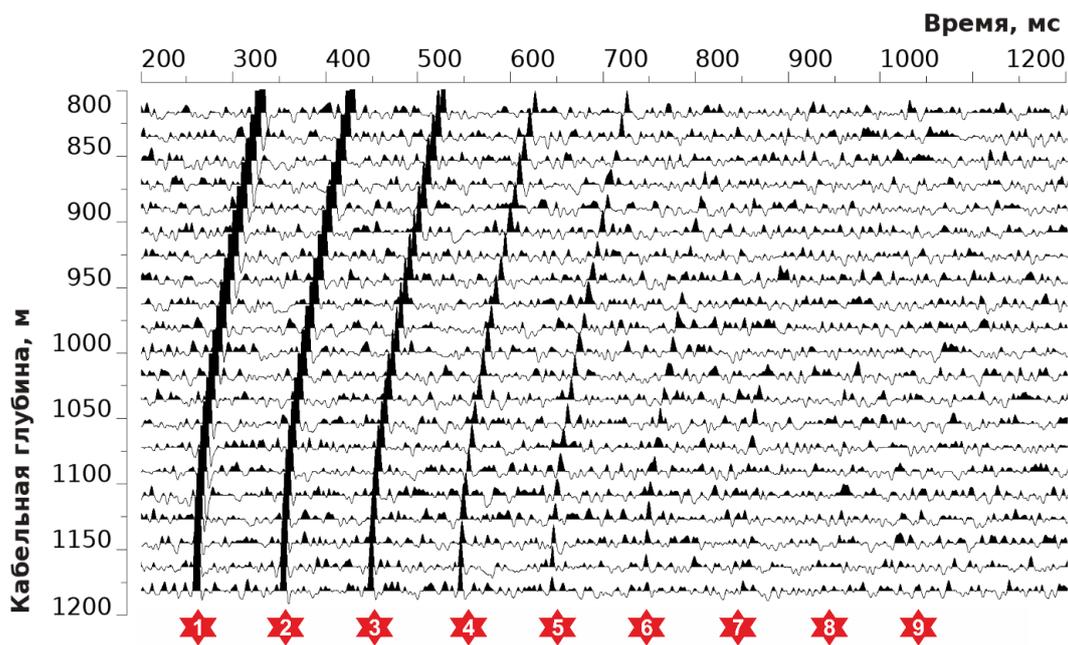


Рисунок 2. Модельное волновое поле (следящая компонента)

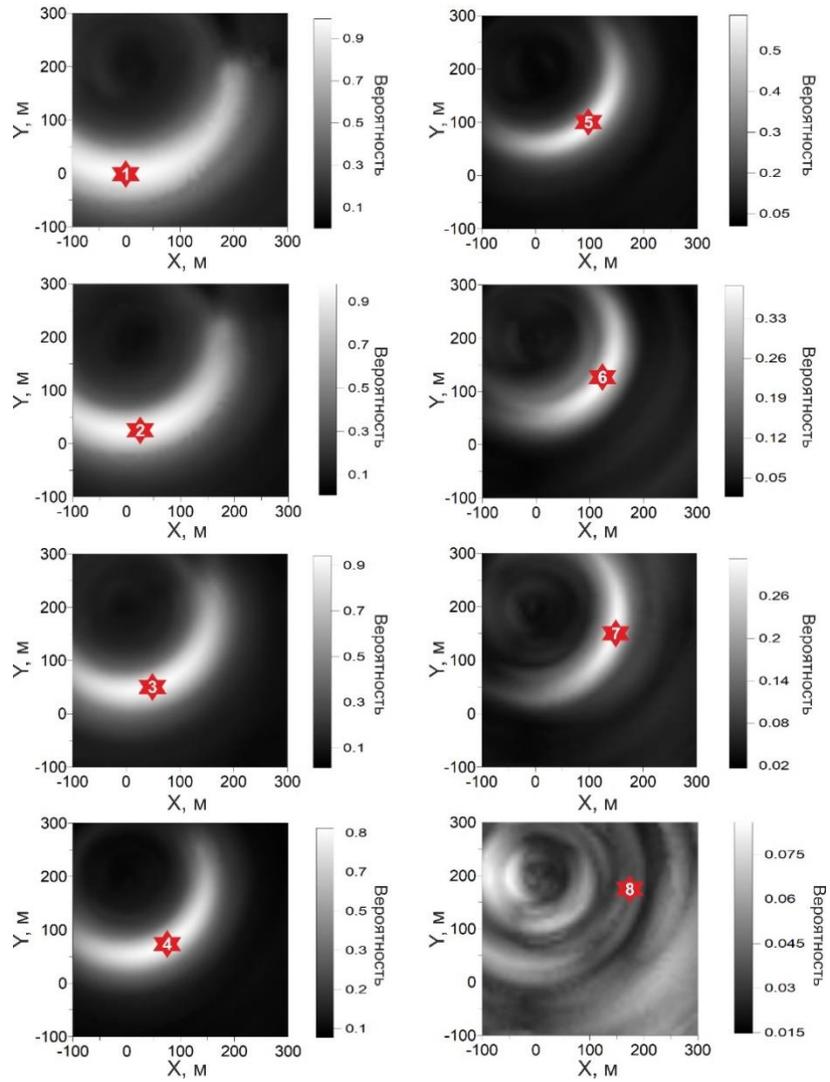


Рисунок 3. Поля вероятностей локализации микросейсмических событий с различным отношением сигнал/шум для 21-точечного зонда

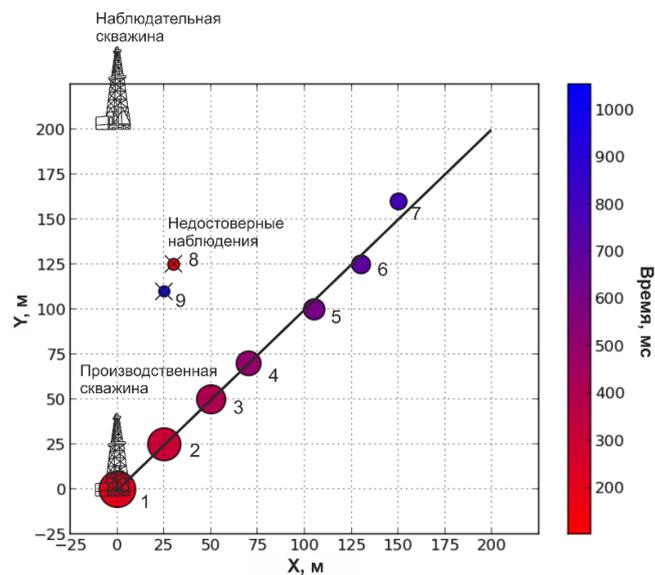


Рисунок 4. Локализованные микросейсмические события по наблюдениям от 21-точечного зонда

Оценка точности

Для оценки точности метода интеллектуальным роботом «АРИО» было проведено исследование возможностей локализации событий с различным количеством сейсмоприемников при различной апертуре наблюдения. На рис.5. показаны результаты исследования. Видно, что для 21-точечного зонда удастся достоверно обнаружить первые 7 событий (отношение сигнал/шум ≥ 0.4), для 11-точечного зонда первые 6 событий (отношение сигнал/шум ≥ 0.6) и для 5-точечного зонда первые 5 событий (отношение сигнал/шум ≥ 0.8).

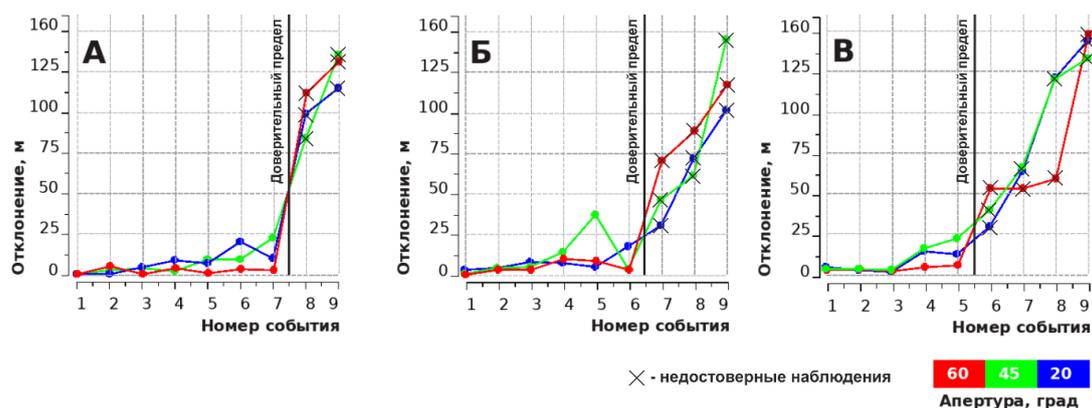


Рисунок 5. Отклонения рассчитанных положений центров микросейсмических событий от заданных для различных апертур в случае 21-точечного (А), 11-точечного (Б) и 5-точечного (В) зонда ВСП (крестом отмечены события, локализация которых недостоверна)

Выводы

1. При помощи интеллектуального робота «АРИО» показано, что достоверность локализации микросейсмических событий в горизонтальной плоскости ухудшается при уменьшении количества сейсмоприемников и, в меньшей степени, при сокращении апертуры наблюдения.
2. Исследование выполнено для продольных волн. Предполагается, что использование поперечных волн, совместно с продольными, повысит достоверность локализации.
3. Предполагается, что качество локализации событий в вертикальной плоскости будет существенно зависеть от апертуры наблюдения, что является предметом последующих исследований.
4. Полученные результаты можно использовать при проектировании системы наблюдения.

Библиография / References

1. Vladimir Grechka, Werner M.Heigl. Microseismic Monitoring, Geophysical References Series No. 22, SEG, 2017.
2. C. Wittrisch, J.P. Sarda. Simfrac Method For Mapping Hydraulic Fractures. SPWLA 28th Annual Logging Symposium, London, England, June 1987.
3. А.А.Табаков, Ю.А.Степченков, В.Н.Ференци, М.С.Коваленко, Е.А.Чечеткина. Широкополосная обработка и интерпретация данных Вертикального Сейсмического Профилирования (ВСП) по технологии Сейсморазведки Высокой Четкости (СВЧ) // 10-я международная конференция «Геонауки: время перемен, время перспектив», Геомодель, Санкт-Петербург, 2023.