



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Исследование динамических процессов, обусловленных воздействием пороховых зарядов на терригенный продуктивный пласт месторождения, находящегося на поздней стадии разработки

А.В. Хусаинов¹

В.М. Хусаинов²

³ В.Г. Байдин, В.М. Крюков, А.С. Иванов, Н.С. Жиляева, Ю.В. Лапина, И.А. Литвиненко, А.Г. Нескин, О.Е. Петрова, Е.Е. Пигасов, В.А. Симоненко, В.П. Соколов, Т.В. Чапурова, А.В. Чернов³

¹ ООО «АРМ-Сервис»

² Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть»

³ РФЯЦ-ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина

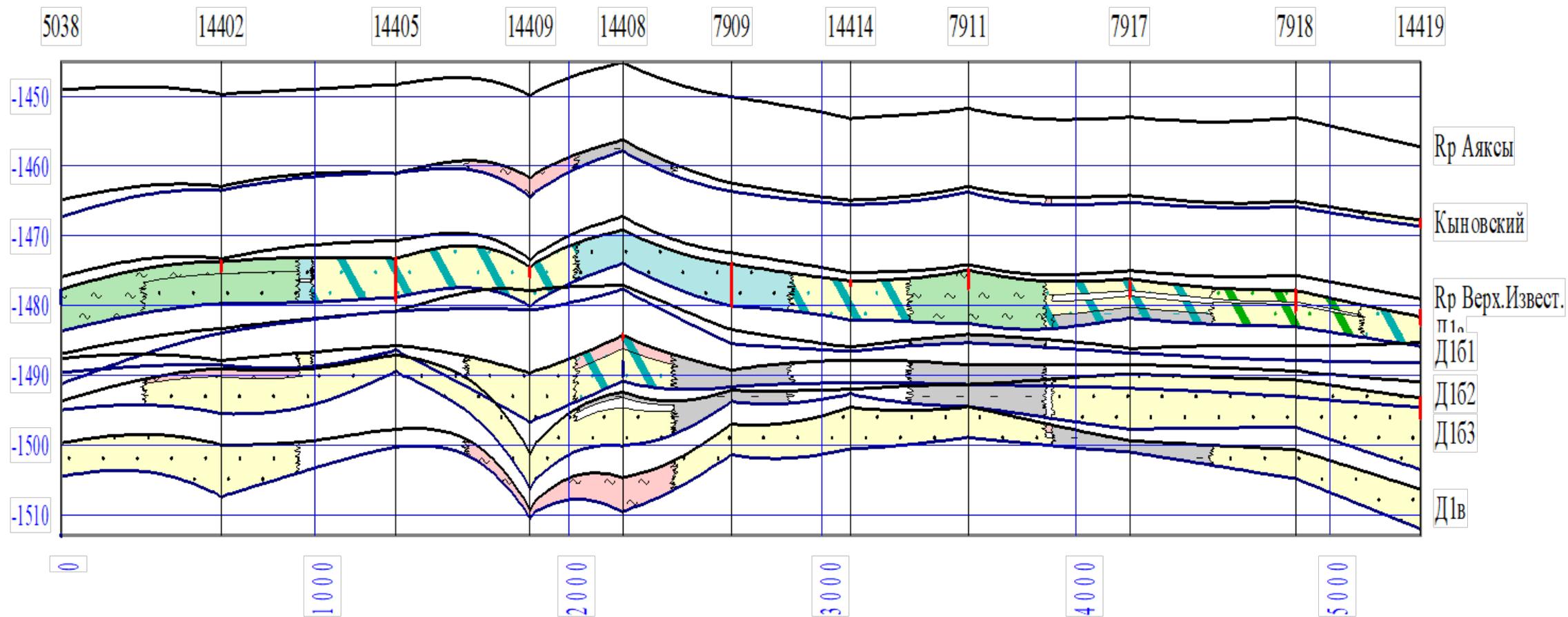
Содержание

1. Вводные замечания
2. Постановка эксперимента
3. Геологические условия, геофизические данные
 1. Дополнительные данные ВСП -- скорости продольных и поперечных волн
4. Этап динамического воздействия
 1. Дополнительная перфорация
 2. Пороховые заряды (6 циклов)
5. Измерения
 1. Давления и температуры в добывающей скважине
 2. Сейсмические измерения

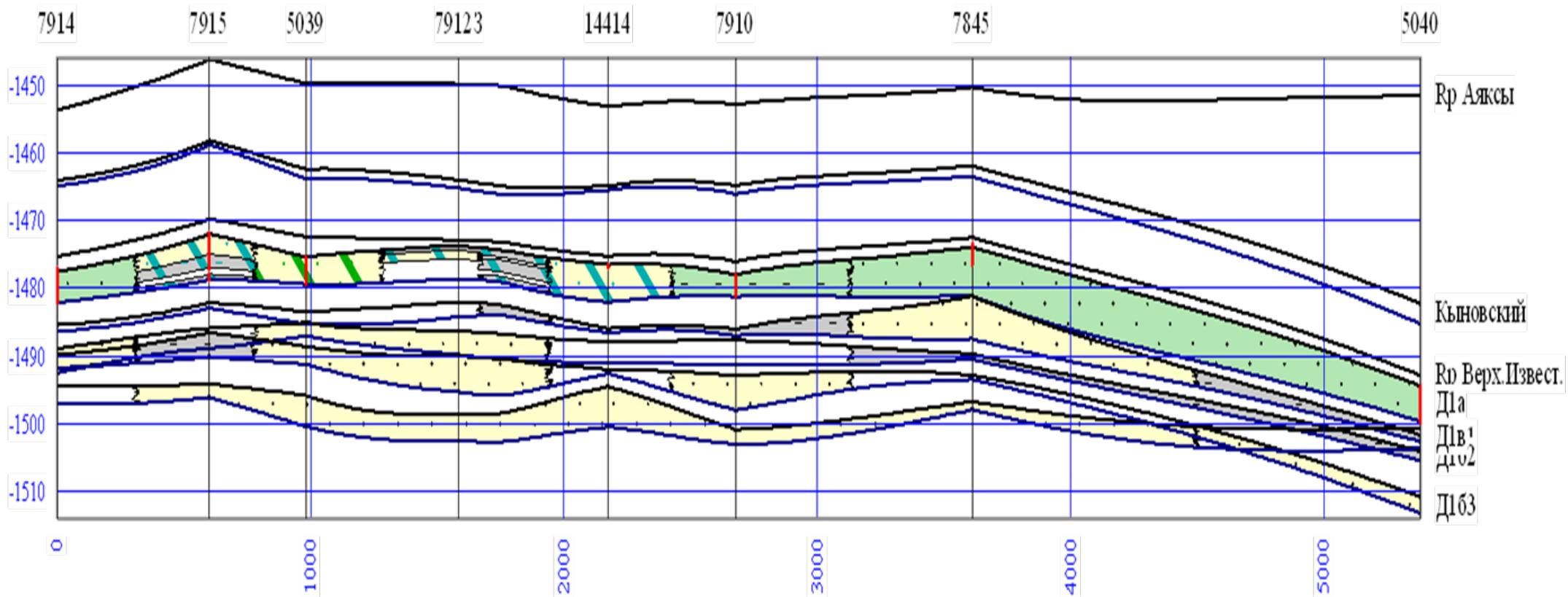
Расположение скважин на участке



Скважины 14414 и 14408



Скважины 14414 и 5039



Измерения

1. Импульсно-кодовое гидропрослушивание (ИКГ)
2. Изменения давления и температуры среды в скважине 14414 с помощью АЦМ-8.
3. Измерения гидрофоном и микросейсмические измерения геофонами в скважинах 5039 и 14408 внутри пласта на расстоянии 732 и 1126 метров от забоя скважины 14414.
4. Поверхностный микросейсмический мониторинг с помощью двух сейсмических станций ТНГ-ГРУПП и ТГРУ ПАО ТАТНЕФТЬ.

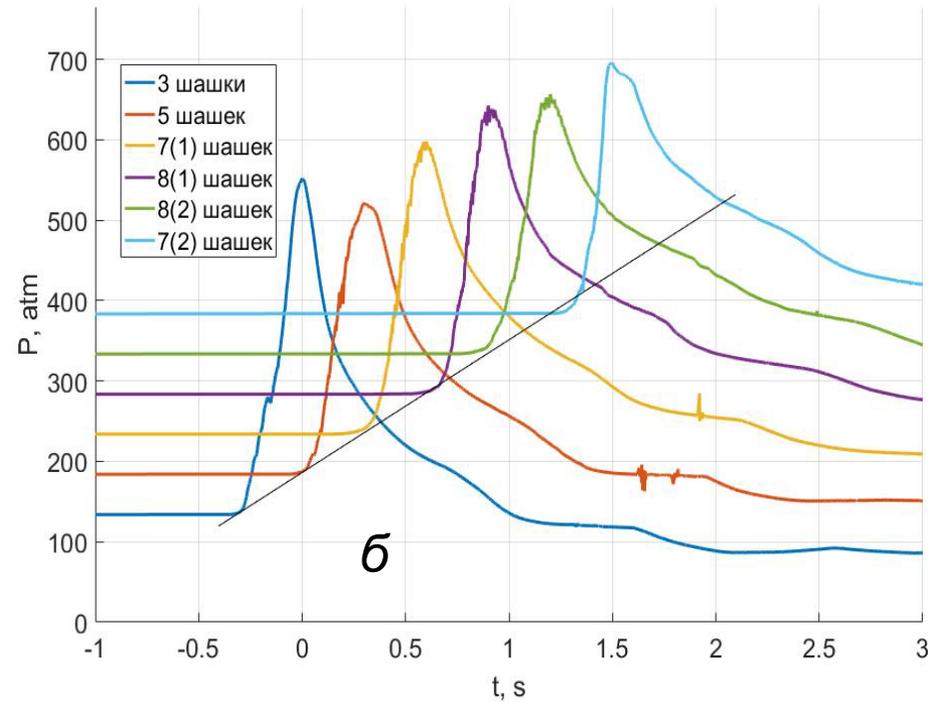
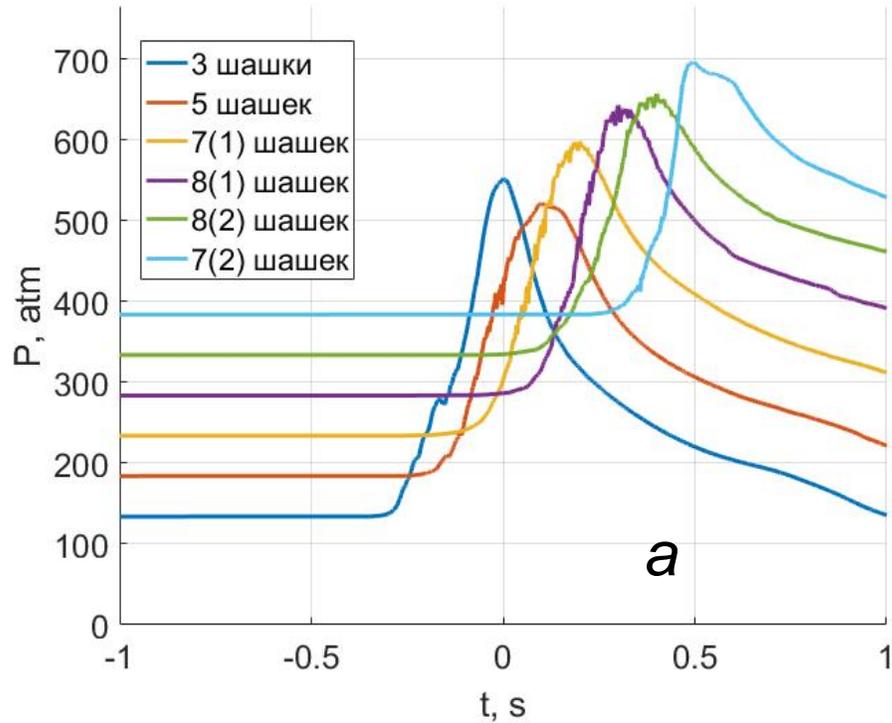
Пороховой генератор давления ЗГРП 01-1

1. Предназначен для обработки примыкающего к пласту перфорированного участка скважин (продуктовых и нагнетательных), а также для механического воздействия на пласт с целью улучшения флюидной связи с ним.
2. Представляет собою наращиваемый комплект пороховых шашек, собранных на жесткой оснастке. Заряд опускается в скважину на геофизическом кабеле.
3. В скважине 14414 заряд использовался после вскрытия пласта дополнительной перфорацией в интервале обработки и применялся в серии из шести последовательных циклических операциях с воспламенением в забое.
4. Контроль процессов, сопровождающих работу заряда, осуществляется автономным прибором АЦМ-8, прикрепленным в нижней части оснастки и измеряющим давление, температуру, запоминая эти результаты для считывания после подъёма.

Хронология основных событий

События/ спуско-подъёмные операции	дата/время	Длительность регистрации
Перфорация 1	01.09.2017 / 12:39	1 минута
Перфорация 2	13:31	1 минута
ЗГРП – 3	17:00	30 минут
ЗГРП – 5	20:15	30 минут
ЗГРП – 7(1)	23:23	30 минут
ЗГРП – 8(1)	02.09.2017 / 02:26	30 минут
ЗГРП – 8(2)	05:26	30 минут
ЗГРП – 7(2)	08:24	70 минут

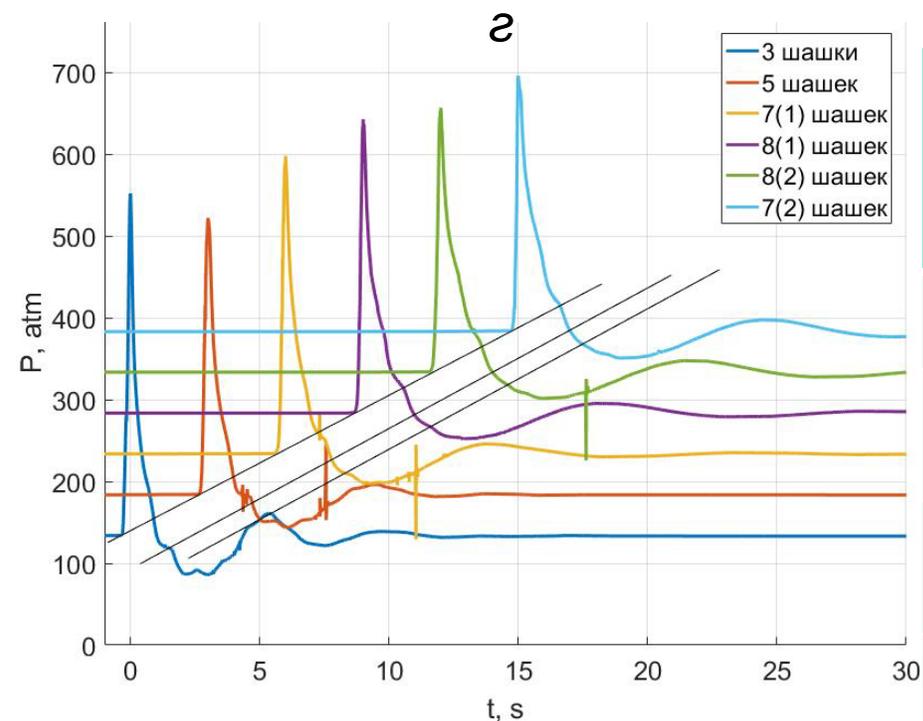
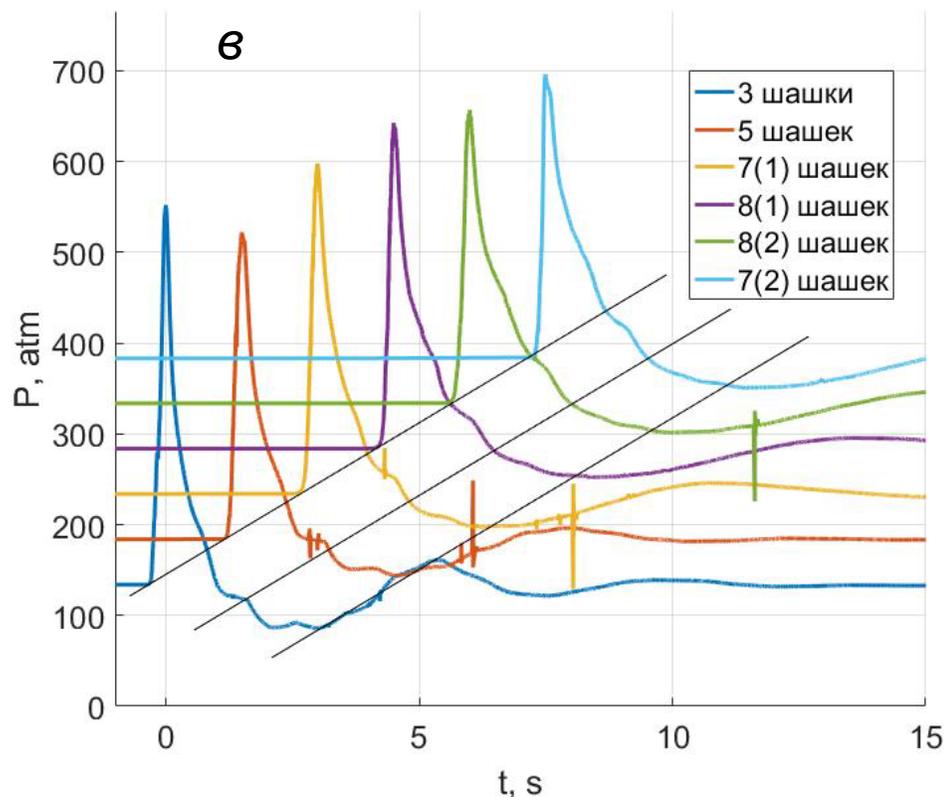
Давление в скважине 14414 по данным АЦМ-8



Изменения скважинного давления на 2-х (а) и 4-х (б) секундном интервалах для 6 циклов проведенных ЛГРП

№	Кол-во шашек	P_{\max} (атм)
1	3	552
2	5	472
3	7(1)	498
4	8(1)	492
5	8(2)	456
6	7(2)	446

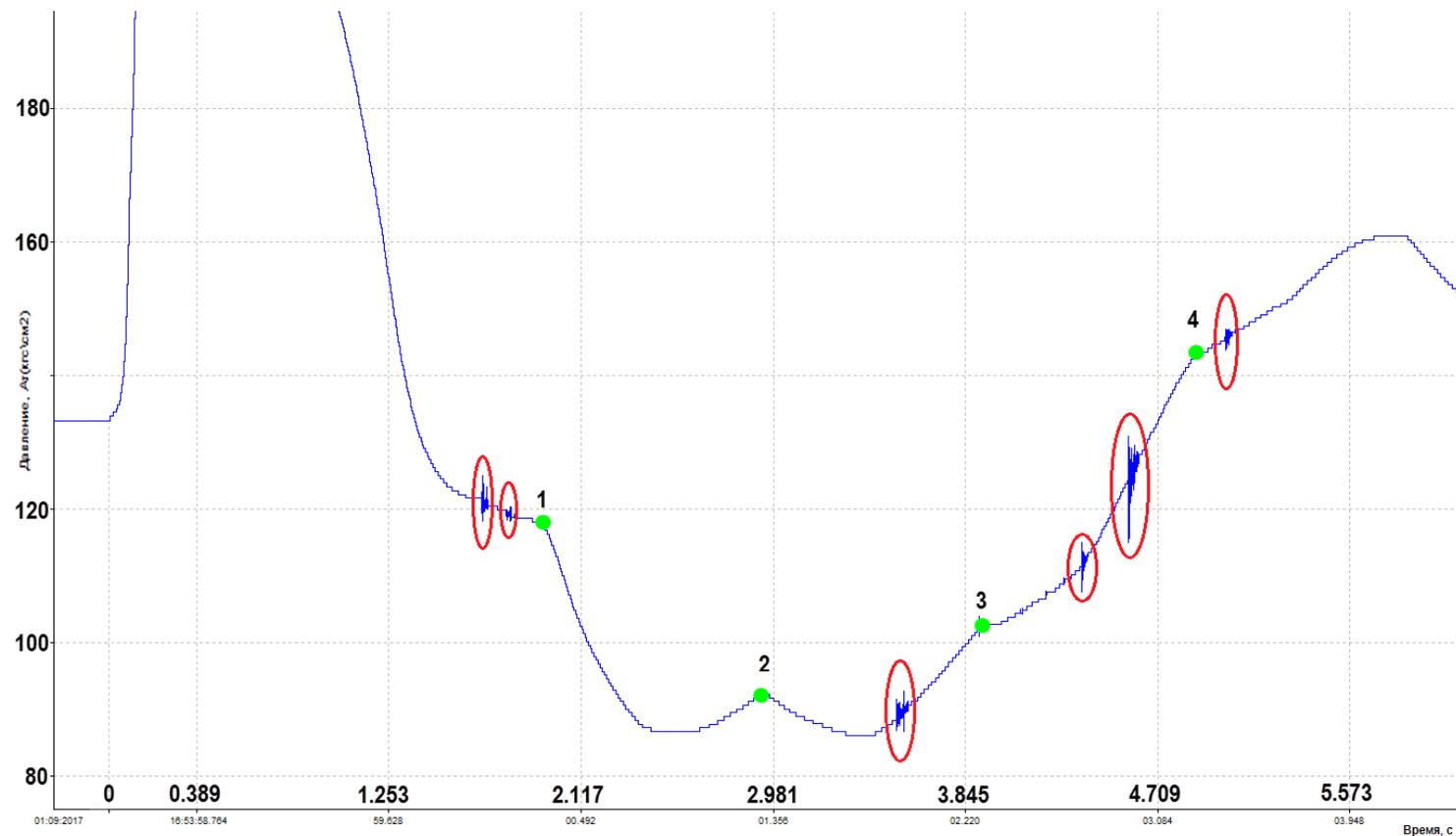
Давление в скважине 14414 данным АЦМ-8



№	T (с)	P _{max} (атм)
1	≈5	552
2	4 ÷ 6	472
3	8 ÷ 1 1	498
4	9 ÷ 1 1	492
5	≈10	456
6	≈10	446

Динамика скважинного давления на 16-и (а) 31-ом (з)
 Секундном интервале для 6 циклов проведенных ЛГРП

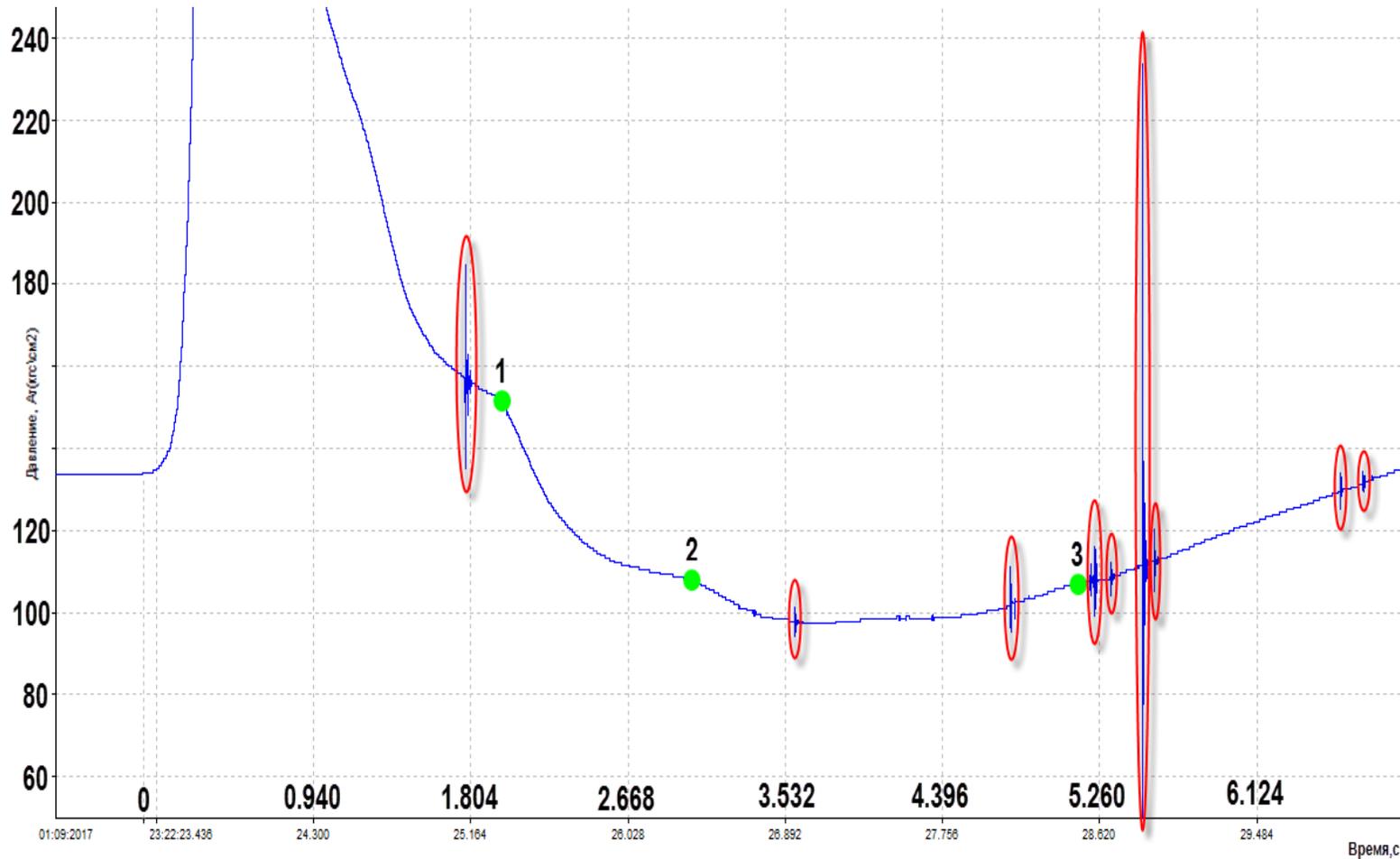
График изменения давления при воздействии на пласт тремя шашками



Номер	Время, с	Период волнообразных возмущений, с
1	1,948	-
2	2,965	1,017
3	4,004	1,039
4	4,931	0,927

Образование трещин

График изменения давления при воздействии на пласт семью шашками

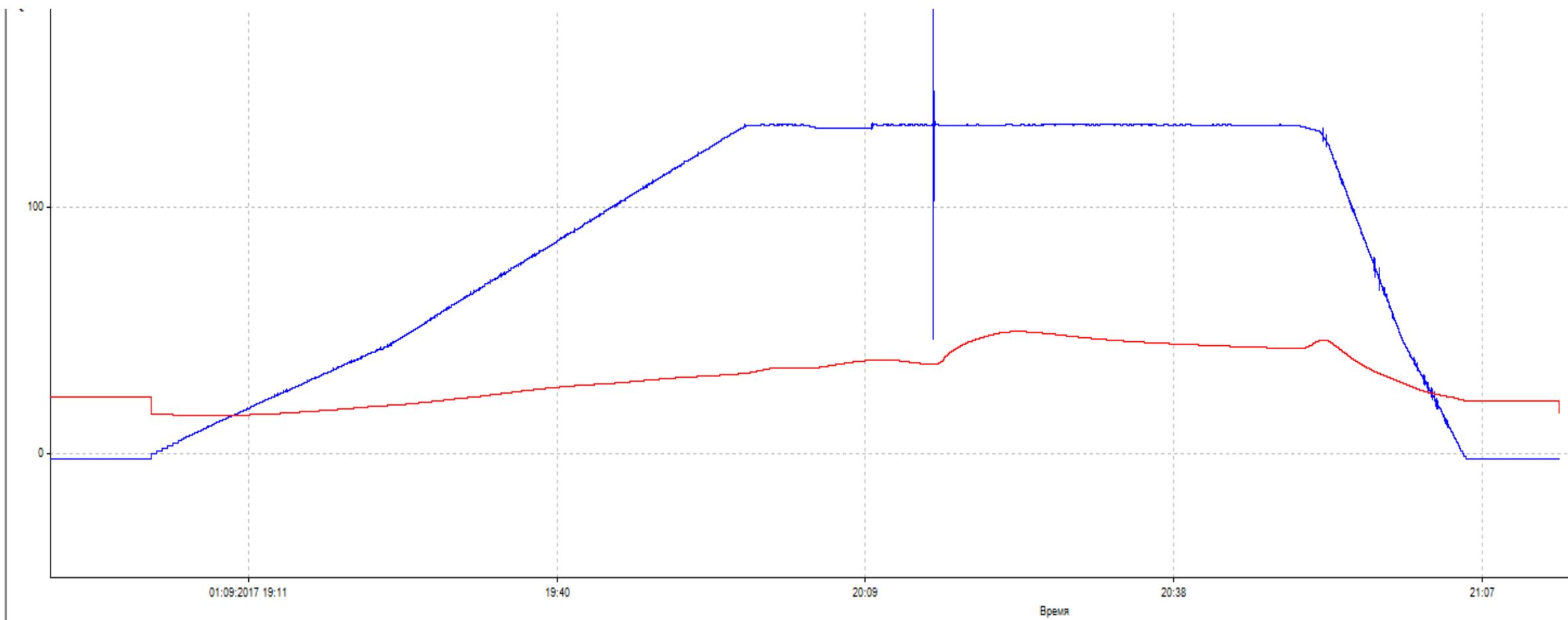


Параметры выделенной трещины

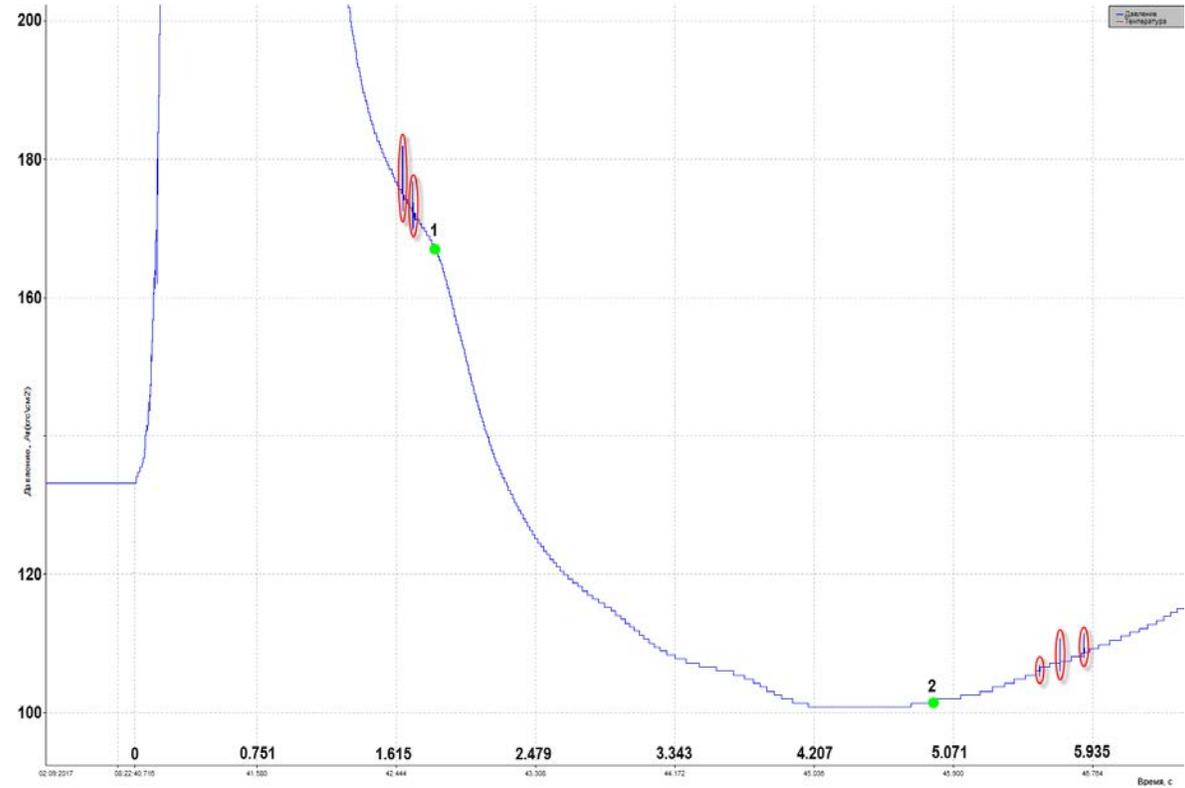
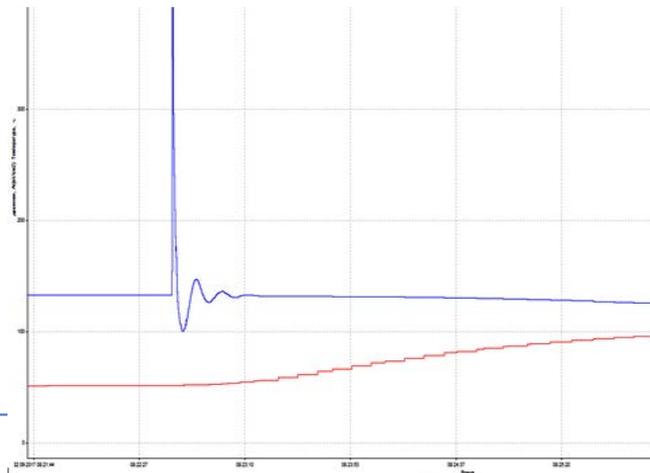
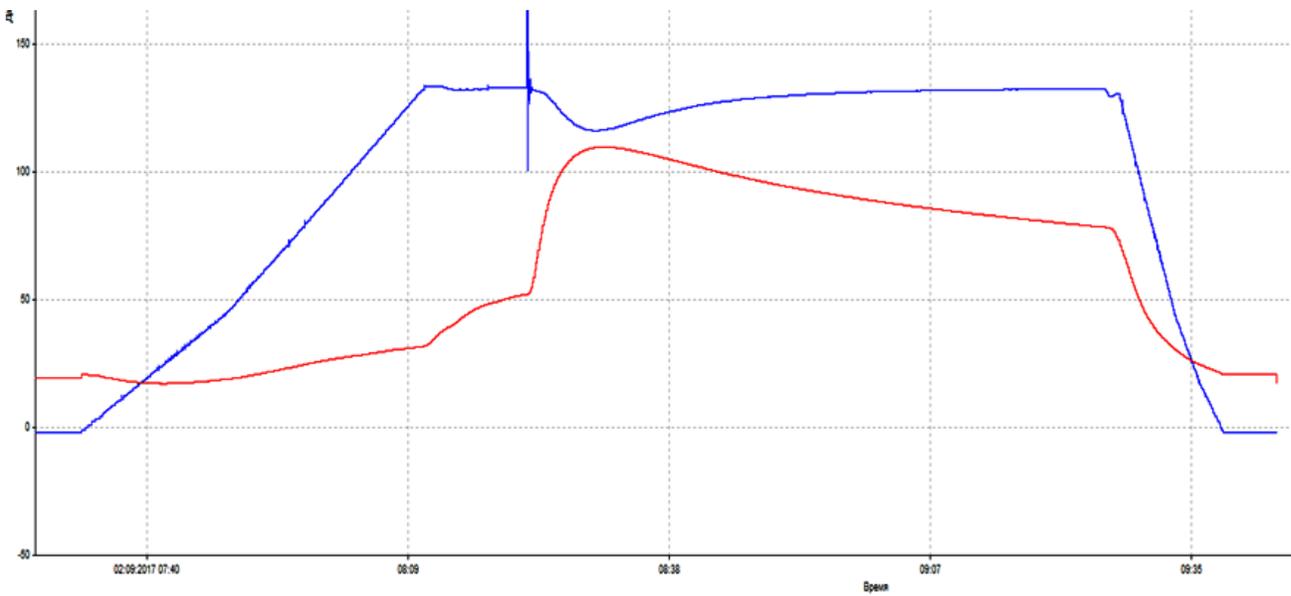


$T = 5 \text{ мс}$
 $T = 0,5 \text{ мс}$

2СПО

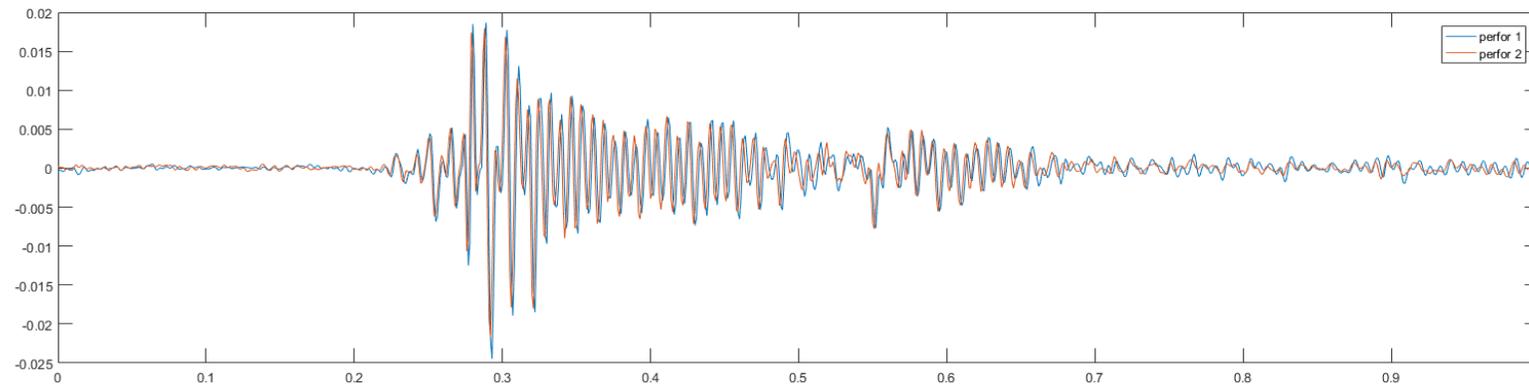
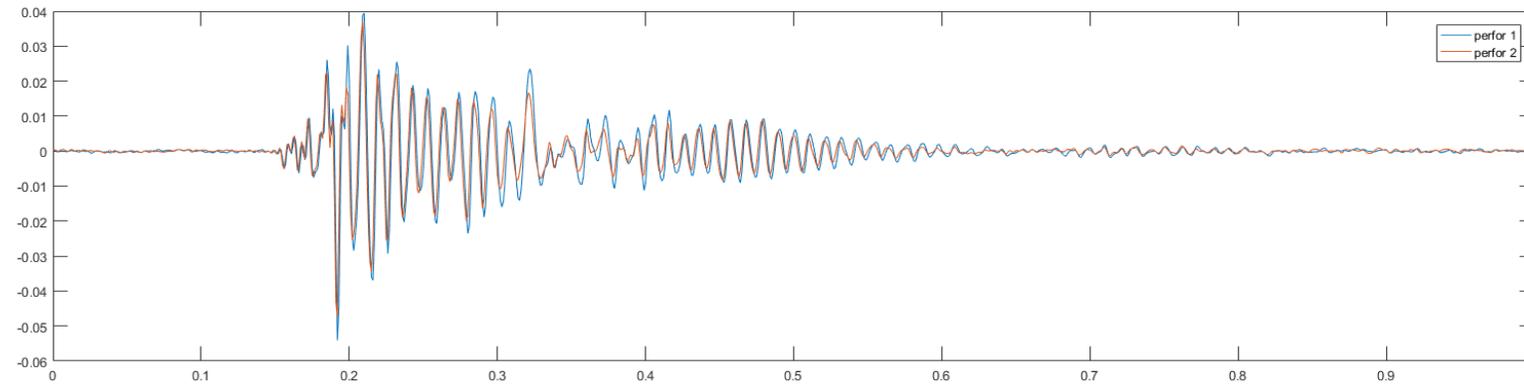


6СПО

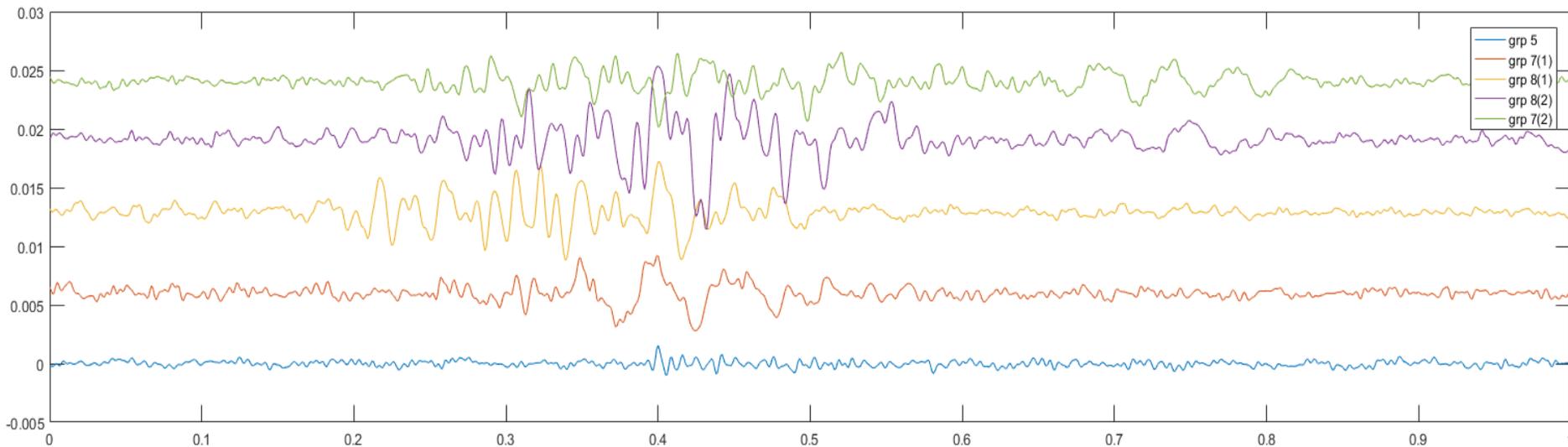
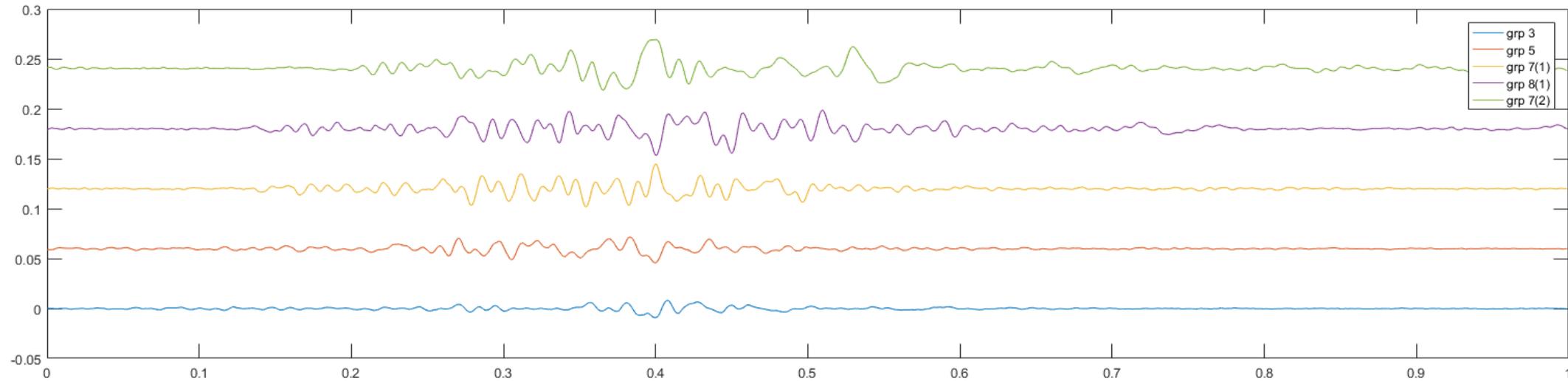


Процессы в пьезометрических скважинах

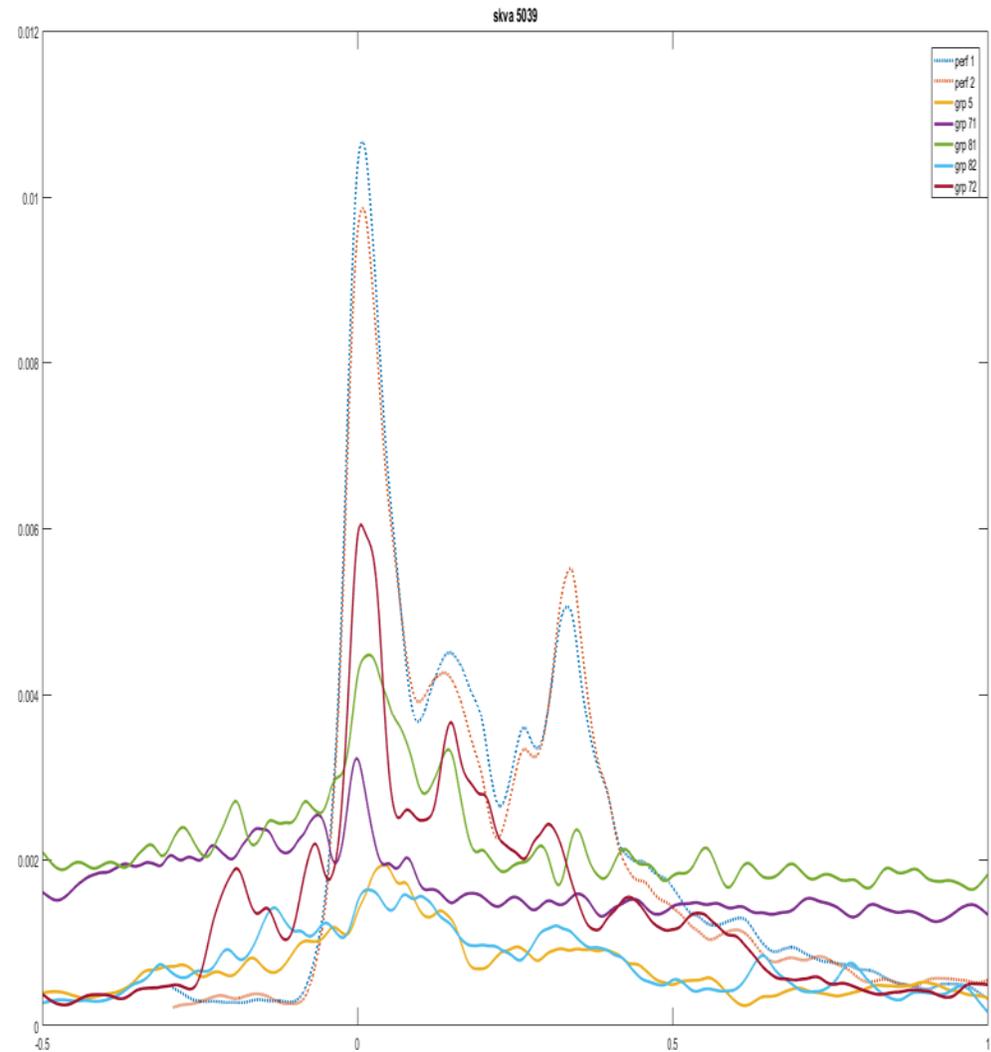
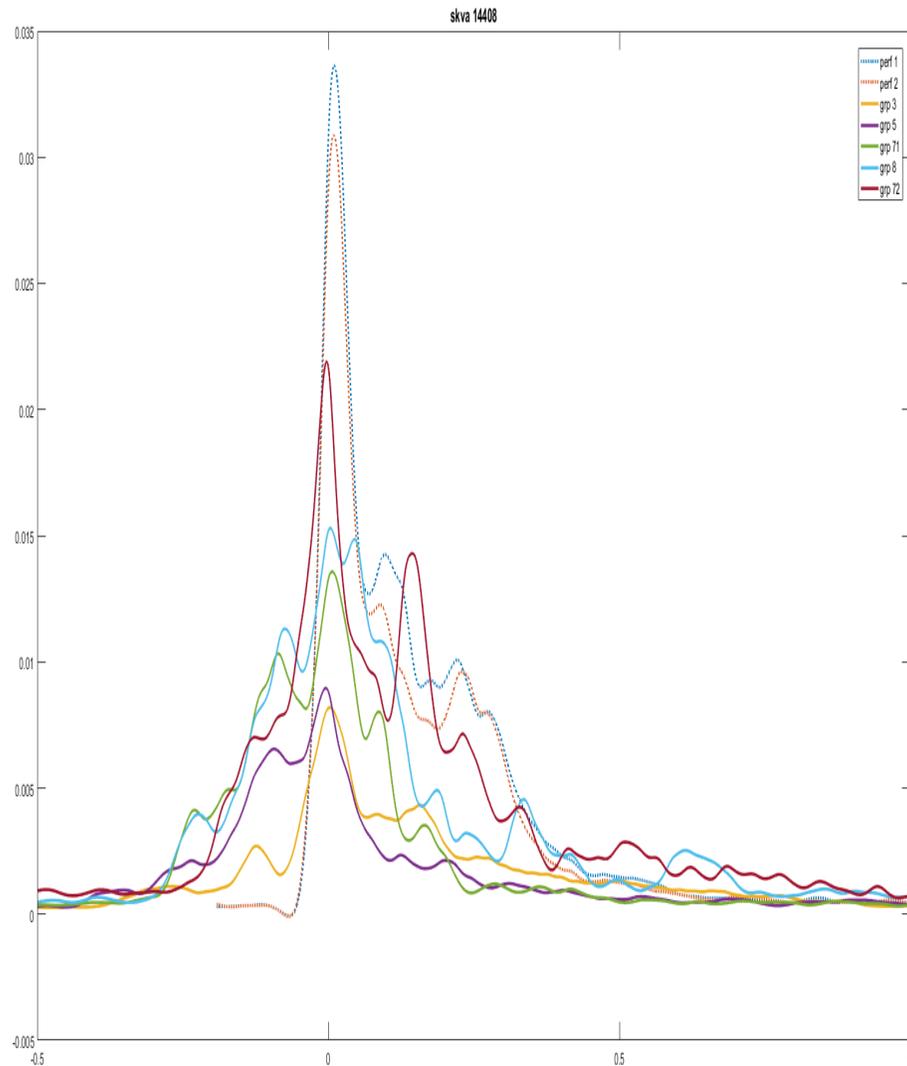
Сигналы от перфораций: вверху на сейсмическом датчике скважины 14408, внизу – скважины 5039



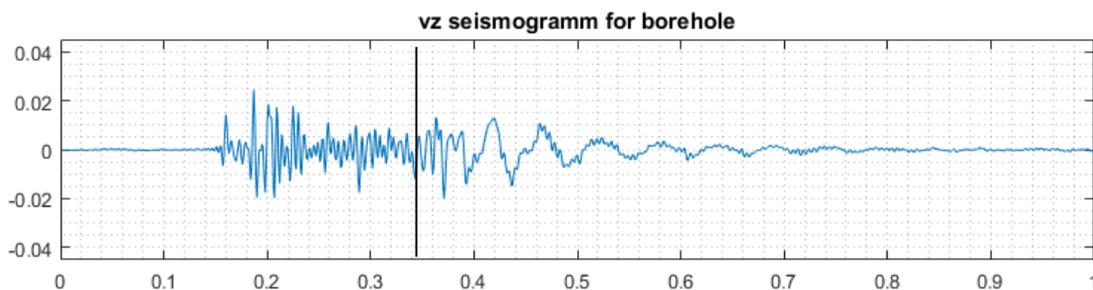
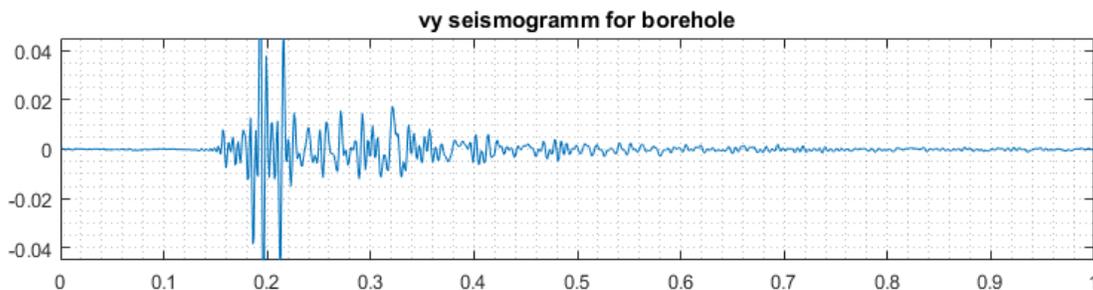
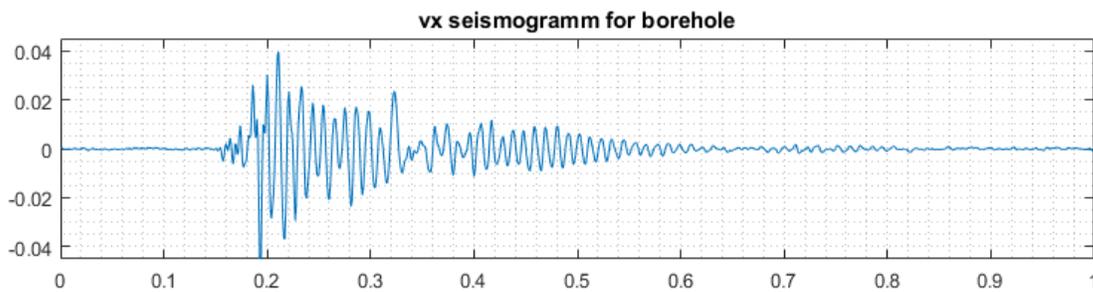
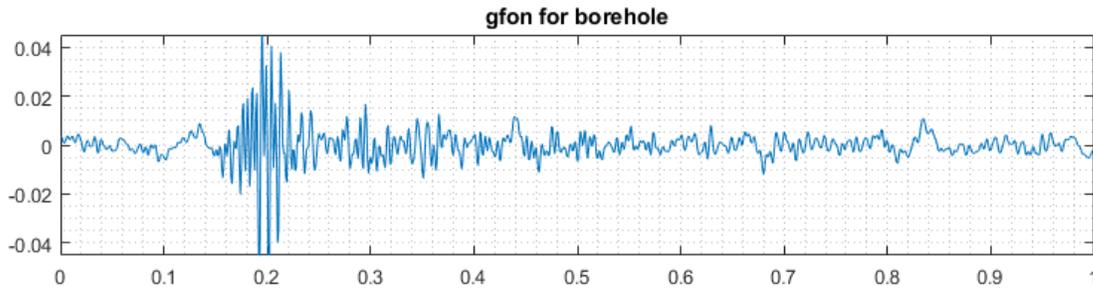
Сигналы от ЗГРП: вверху на сейсмическом датчике скважины 14408, внизу – скважины 5039



Сравнение сигналов от перфораций и ЗГРП (отфильтрованы высокочастотные шумы): слева на датчике скважины 14408, справа – скважины 5039

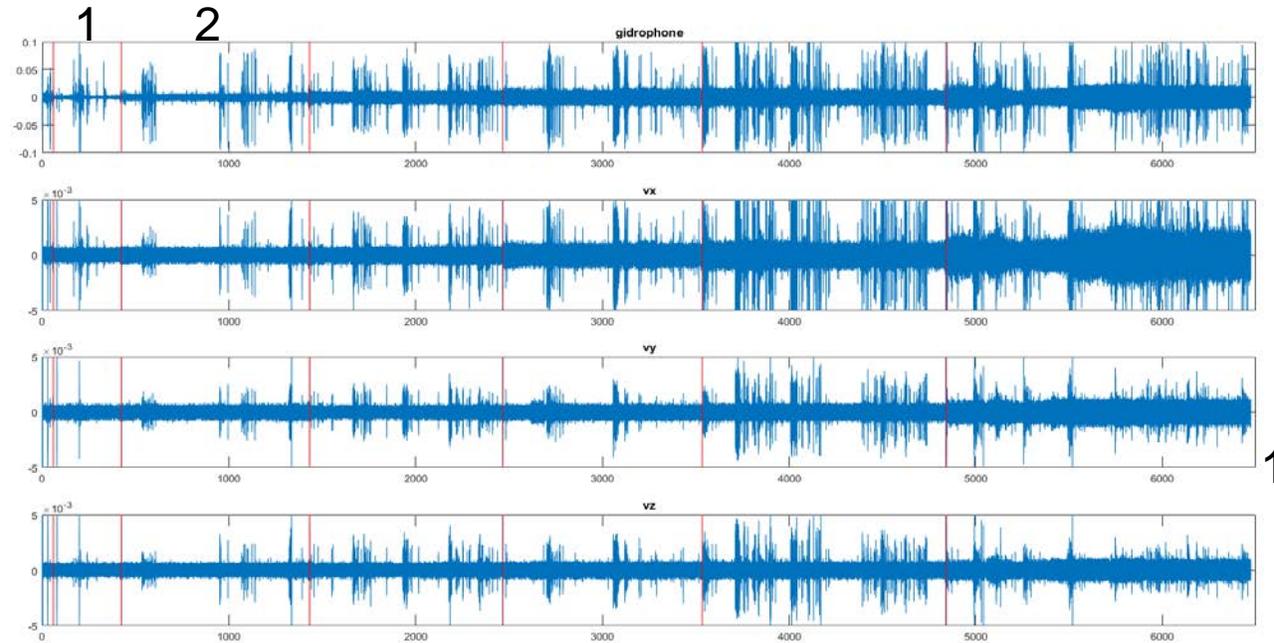


Оценка скорости поперечной волны Скв.14408

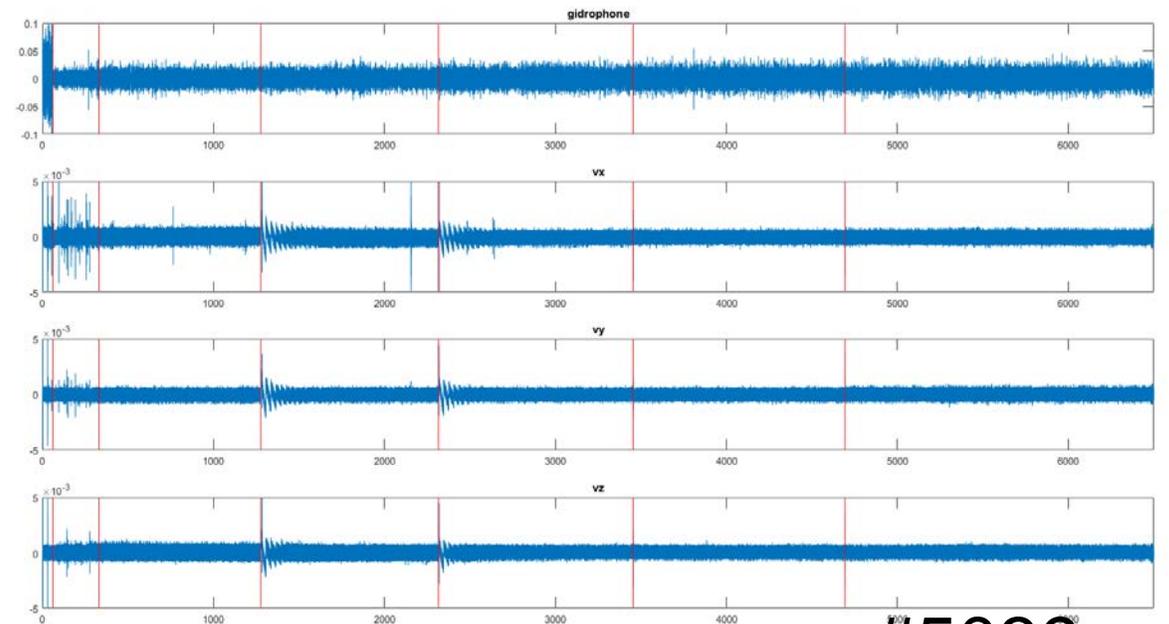


1. Если принять момент прихода поперечной волны $t=0,34$ и учесть время задержки нуля $\Delta=0,052$, то получаем $c_s=732/0,392=1867\text{ м/с}$.
2. По данным ВСП $c_s=2233\text{ м/с}$
3. $\Delta c_s/c_s=2 \times 366/(2333+1867)=0,178$

Записи с 4х каналов всей регистрации



#14408

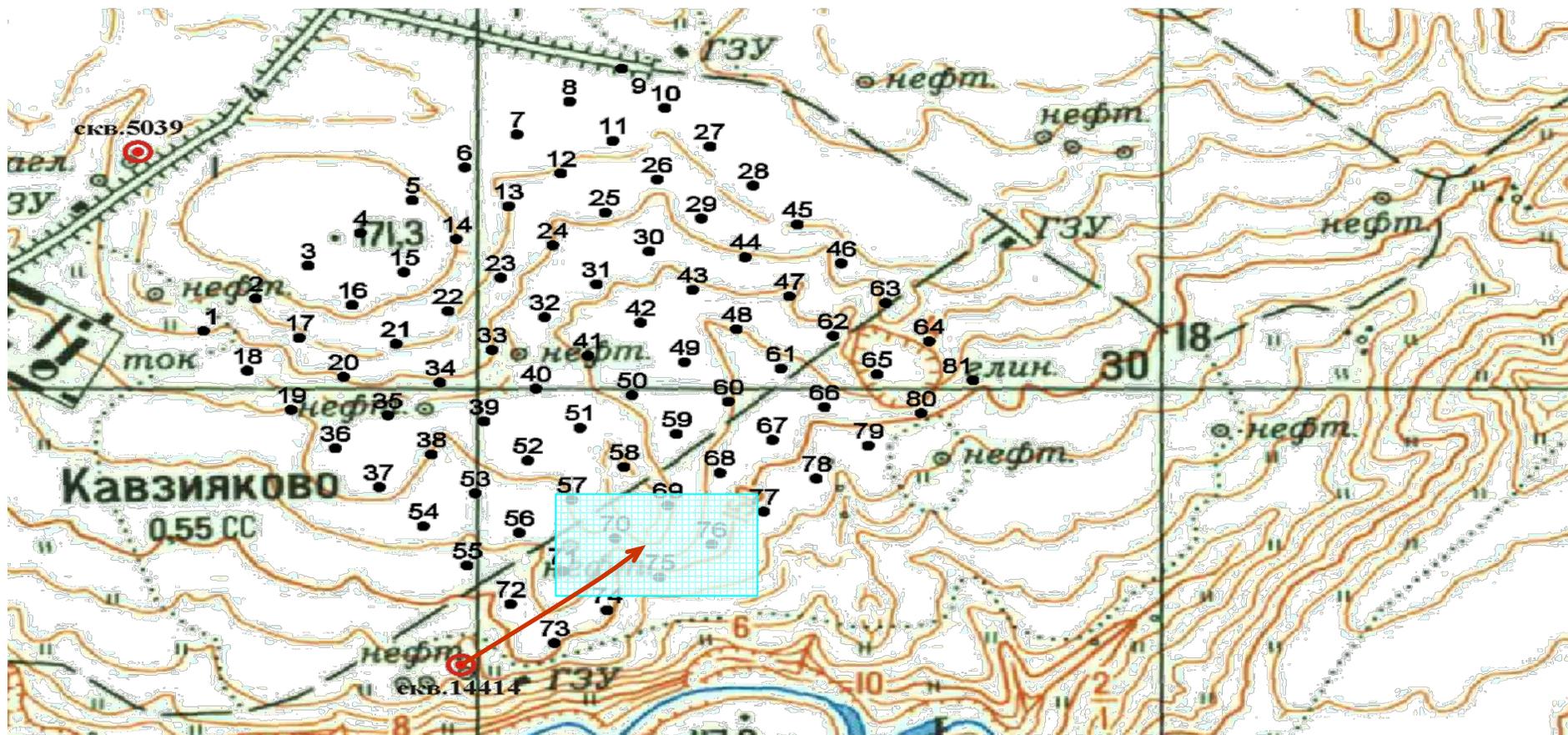


#5039

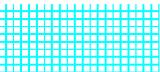
- Представлен набор серий 30 секундных записей (наборы отделены красными линиями) , соответствующих 5-20 минутным интервалам, включающим момент каждого сильного события.
- По всем 4м каналам сигналы от «сильных» и «слабых» событий – подобны друг-другу (в том числе и на гидрофоне), можно анализировать самый отчетливый – vx.
- Слабые события на скважине #5039 почти не просматриваются, хотя по данным с #14408 амплитуды сильных и слабых событий близки друг-другу.
- Уровень фона на скважине #14408 возрастает к концу измерений, а на #5039 - нет

Антенна сейсмоприемников на поверхности

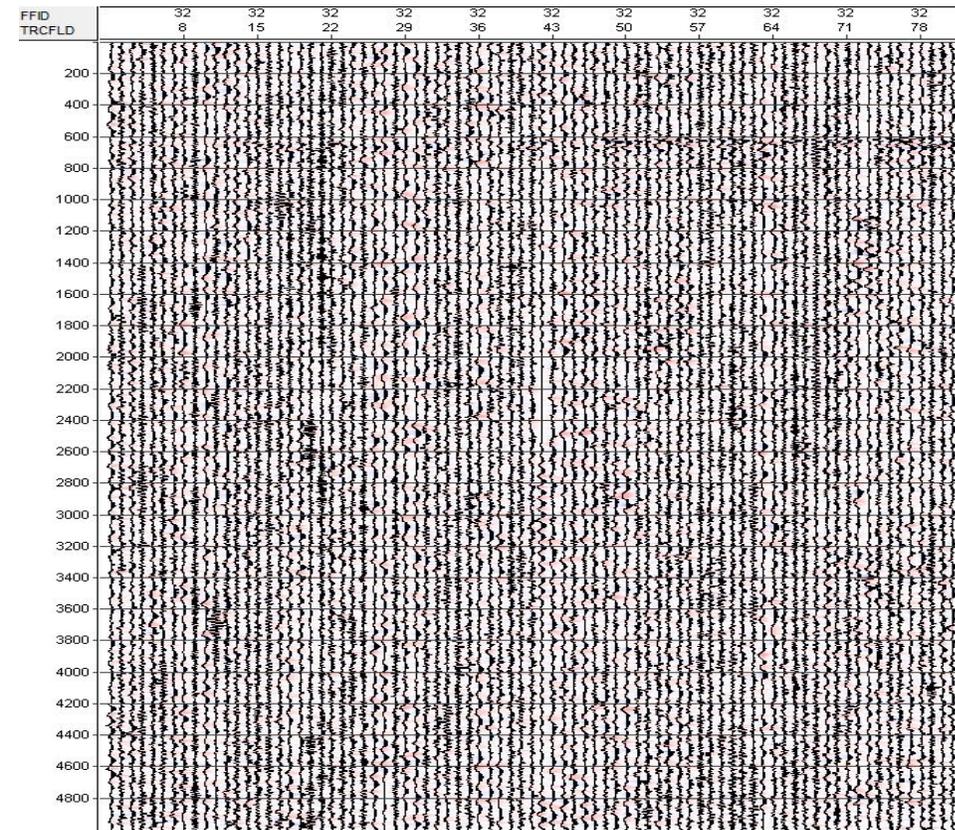
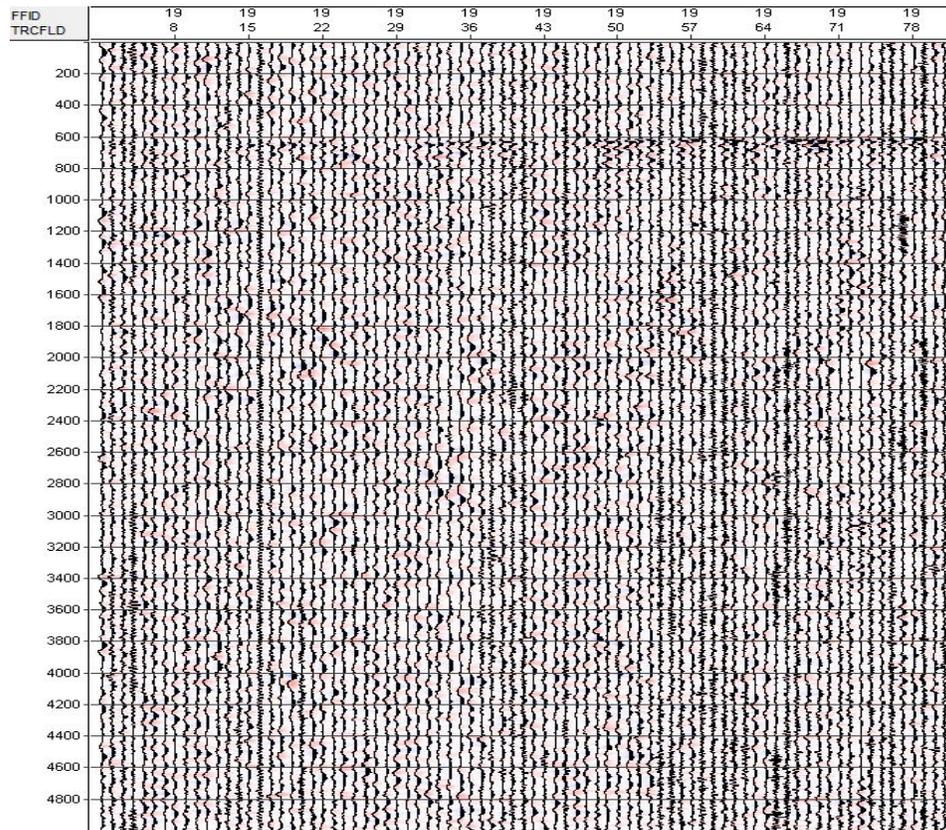
Пример многоканальной системы расстановки приемных приборов для мониторинга ГРП



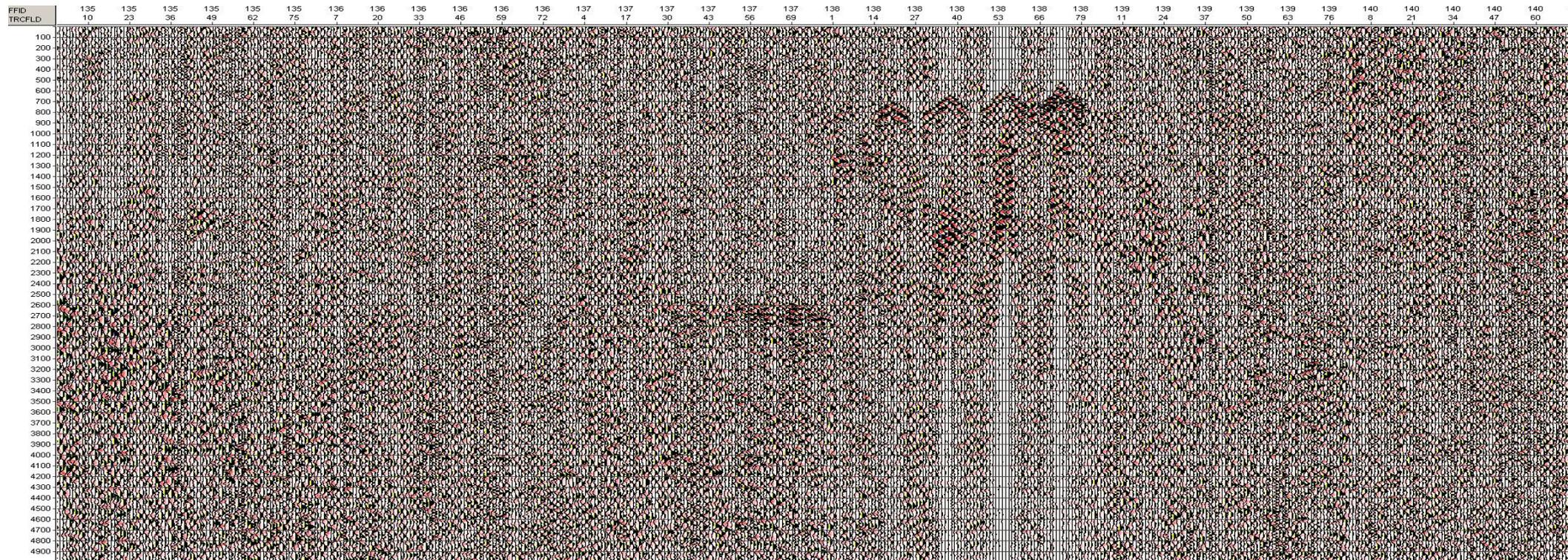
- ⊙ - скважины глубокого бурения
- - пункты приема сейсмических волн

 - исследуемый участок

Регистрация процесса перфорации



Примеры сейсмограмм, используемых для расчетов



Скв.14414 Ташлиярская площадь (ffid 135-140).

Процедура обработки представляла собой следующую последовательность преобразования сейсмических данных:

- ввод данных с преобразованием в формат FOCUS;
- редакция шумящих каналов;
- преобразование в SEG-Y формат;
- расчет виртуальных сейсмических кубов заданных размеров с эпицентром объекта закачки (собственная разработка);
- получение куба мгновенных амплитуд;
- локализация очагов сейсмической эмиссии(собственные разработки);
- преобразование в формат пакета DV для интерпретации полученных данных.

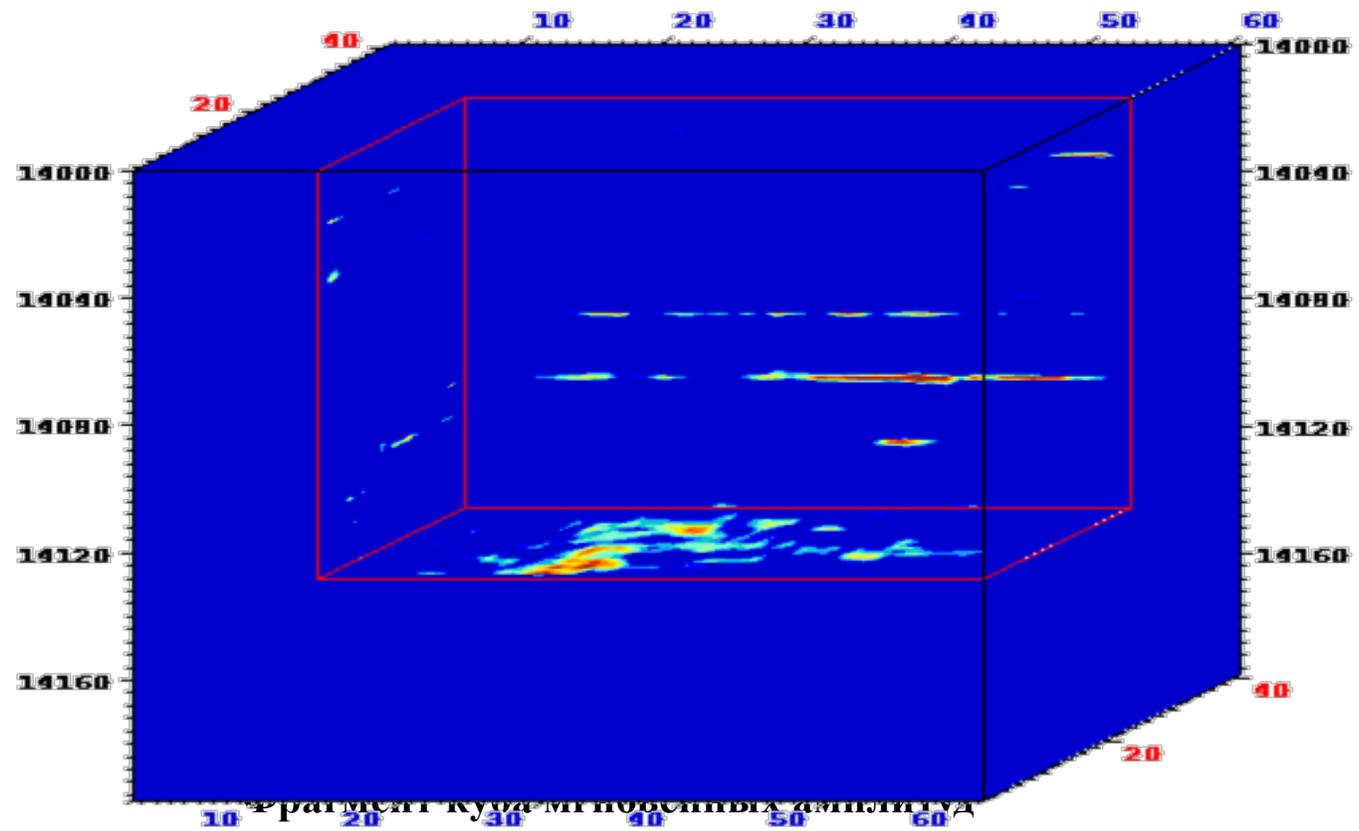
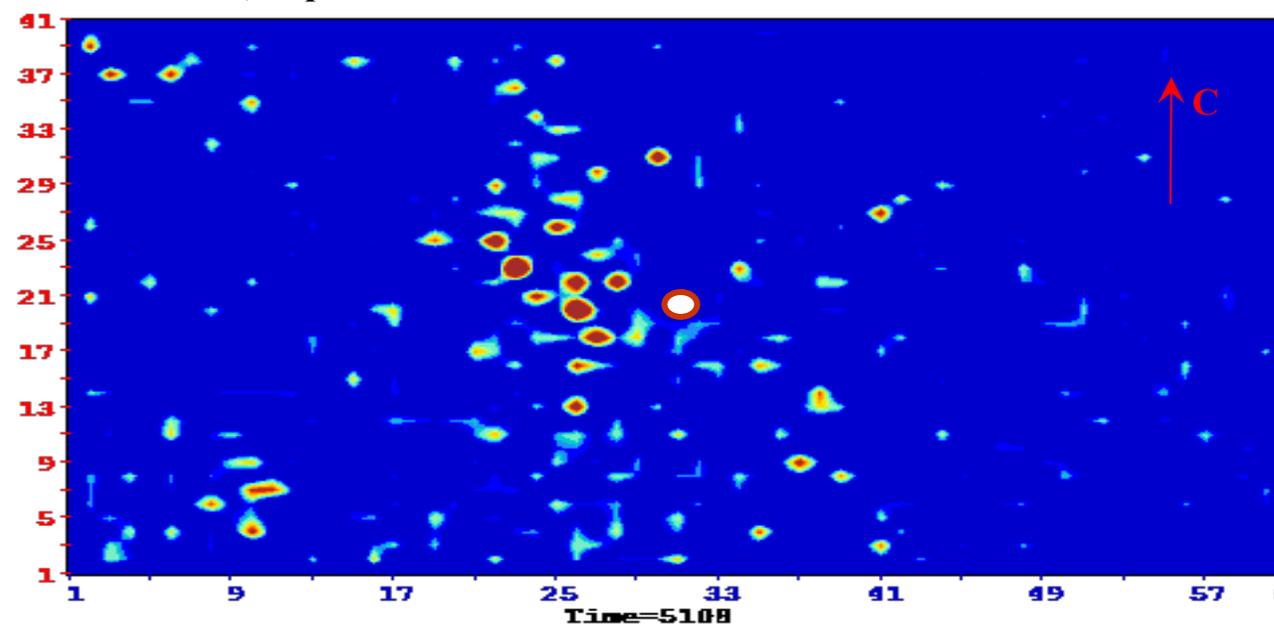


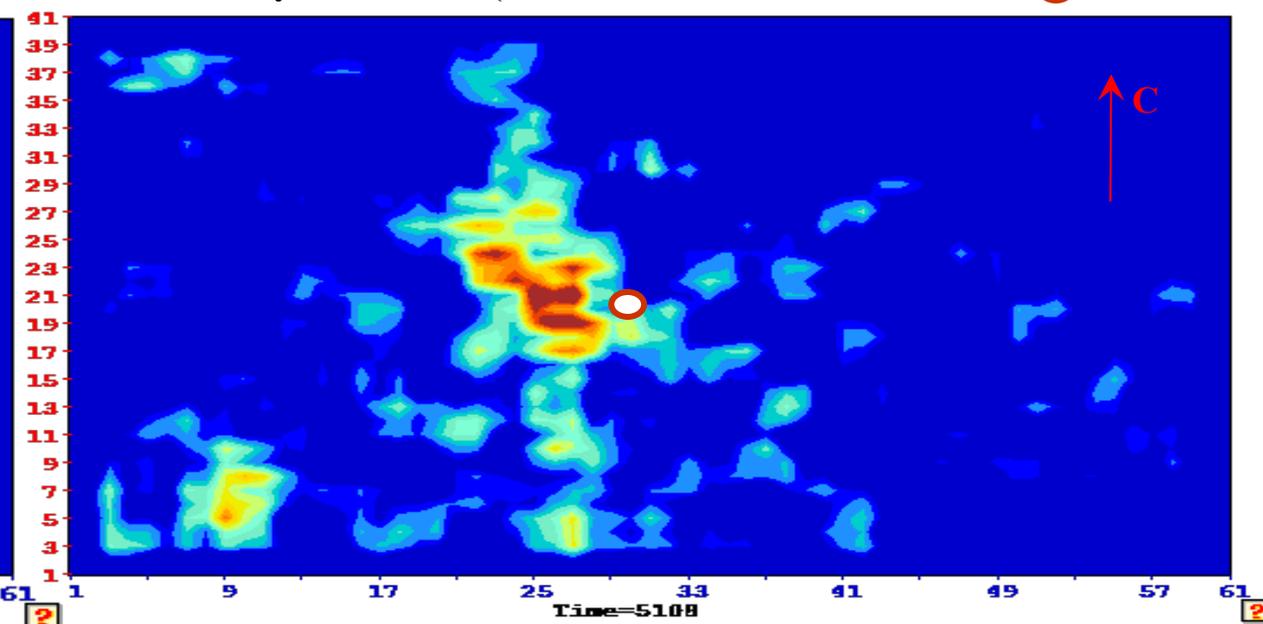
Рис. 1. Параметры куба и плоскостных амплитуд

Приведенные отображения аномалий, представляют собой горизонтальные срезы кубов мгновенных амплитуд. Зона исследования представляет собой сетку размером 300м на 200м, с шагом между точками 5м (41 inlines x 61 crosslines), ориентированную на север.

Центром зоны исследования является местоположение воздействия на исследуемый пласт().



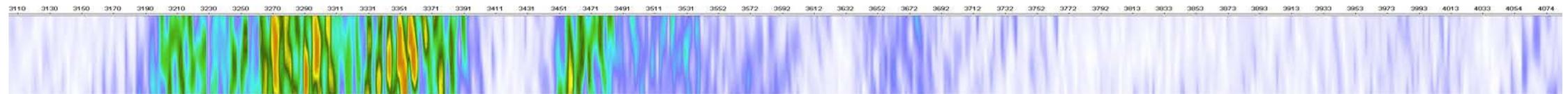
Пример точечных локальных аномалий



Пример локальных аномалий после сглаживания

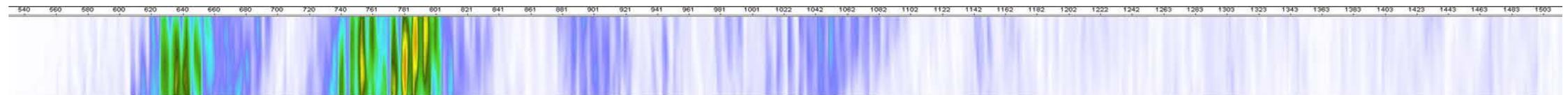
Длительность воздействий на пласт (фиксация увеличенных значений мгновенных амплитуд)

Time(msec) →



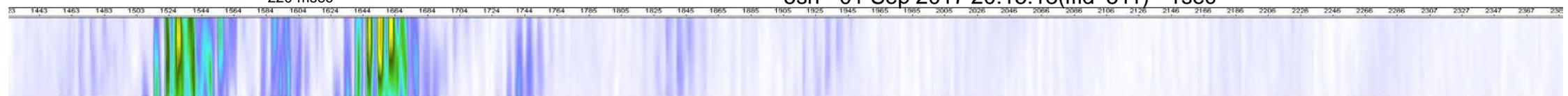
~ 280 msec

3sh - 01 Sep 2017 16:53:20(ffid 137) - 1sec



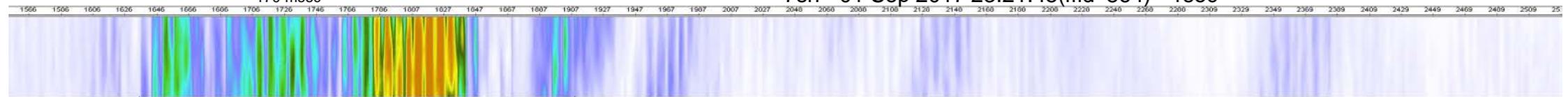
~ 220 msec

5sh - 01 Sep 2017 20:15:18(ffid 511) - 1sec



~ 170 msec

7sh - 01 Sep 2017 23:21:45(ffid 864) - 1sec



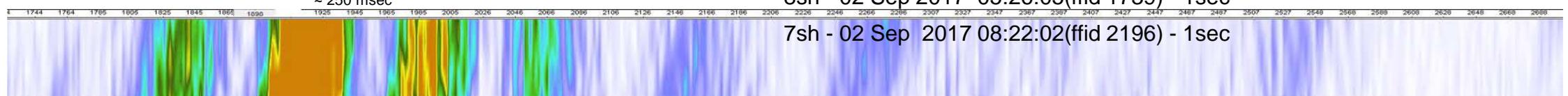
~ 280 msec

8sh - 02 Sep 2017 02:25:27(ffid 1280) - 1sec



~ 250 msec

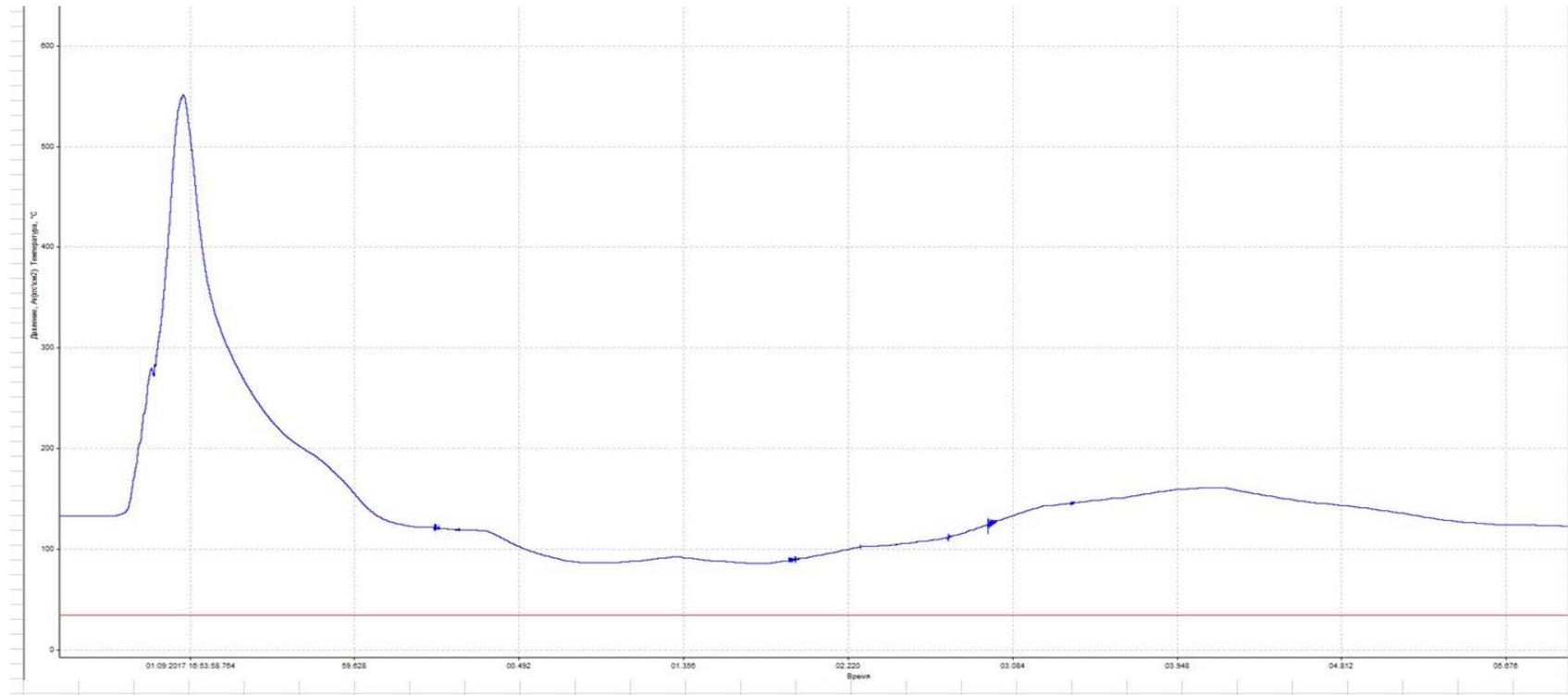
8sh - 02 Sep 2017 05:26:05(ffid 1739) - 1sec



~ 270 msec

7sh - 02 Sep 2017 08:22:02(ffid 2196) - 1sec

График изменения давления при воздействии на пласт 3-мя шашками



Воздействие на пласт 3-мя шашками

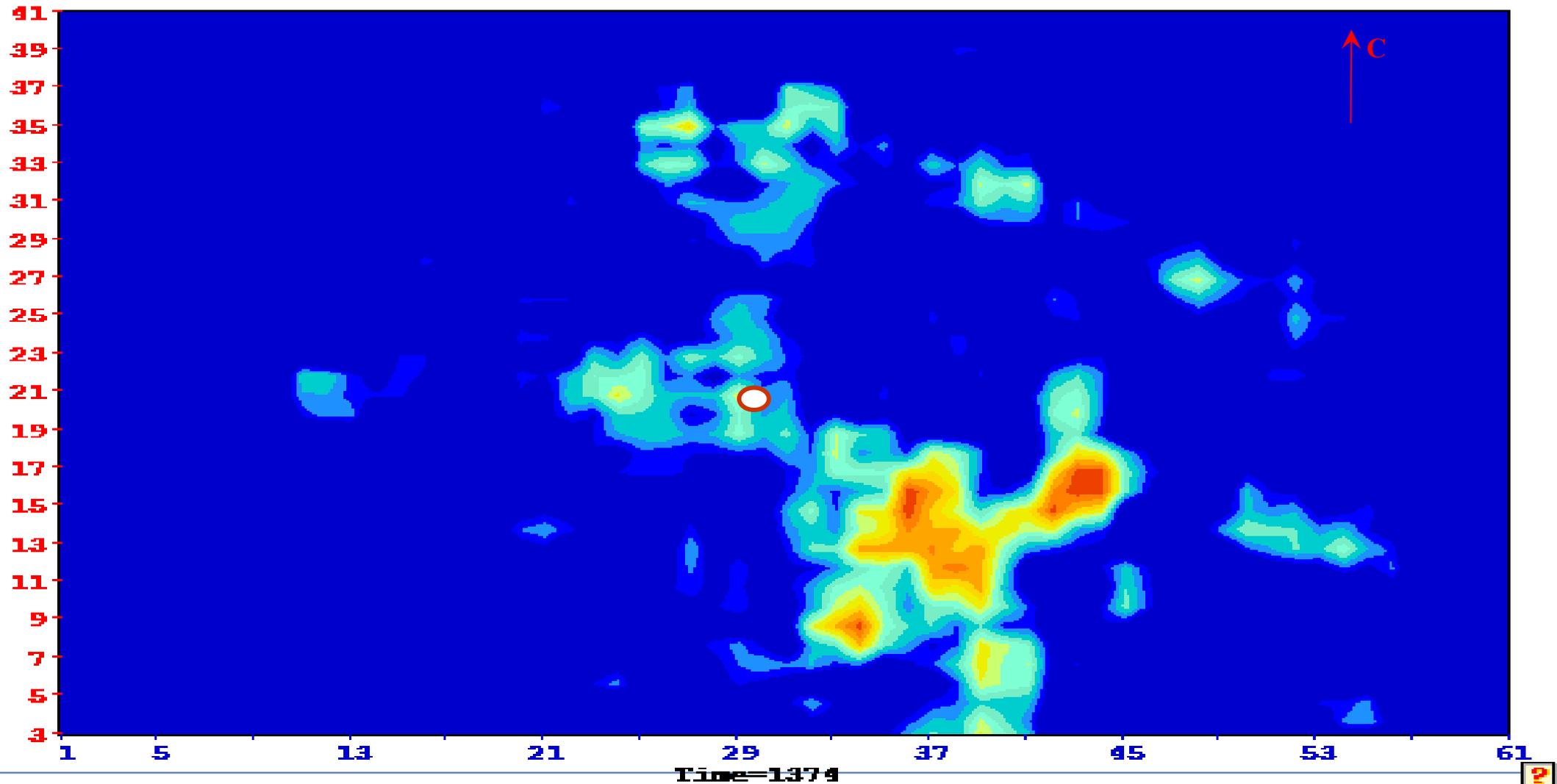
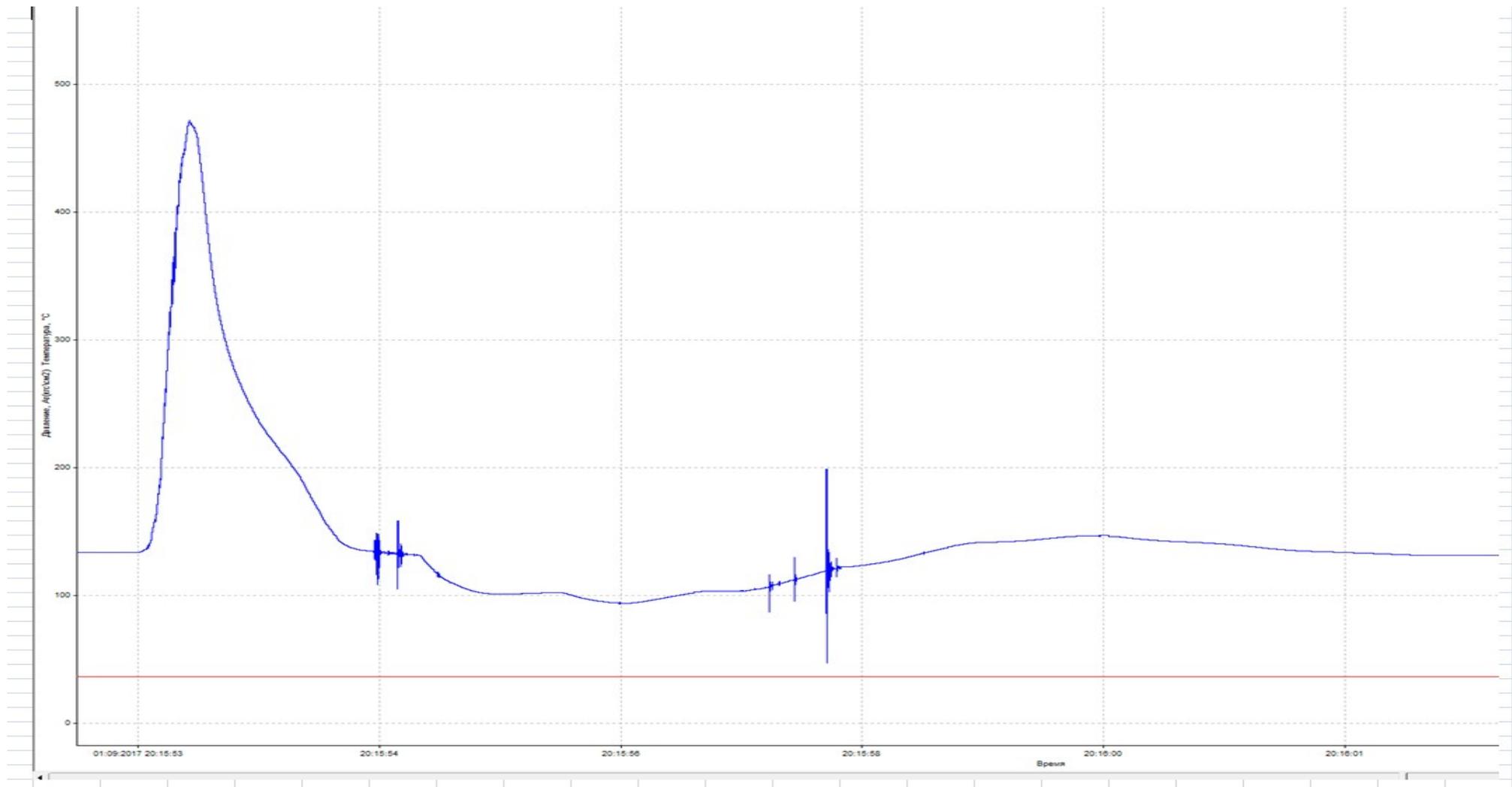


График изменения давления при воздействии на пласт 5-ю шашками



Воздействие на пласт 5-ю шашками

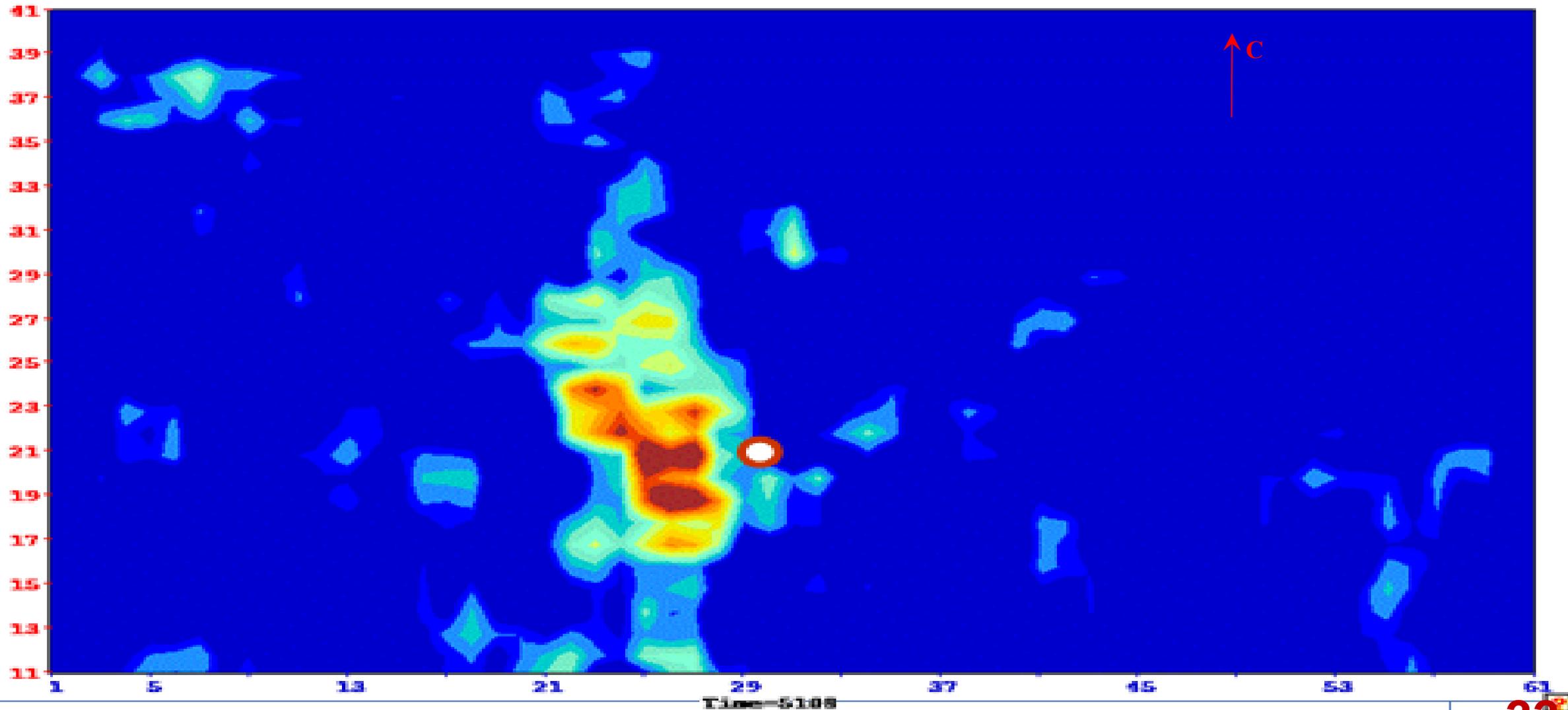
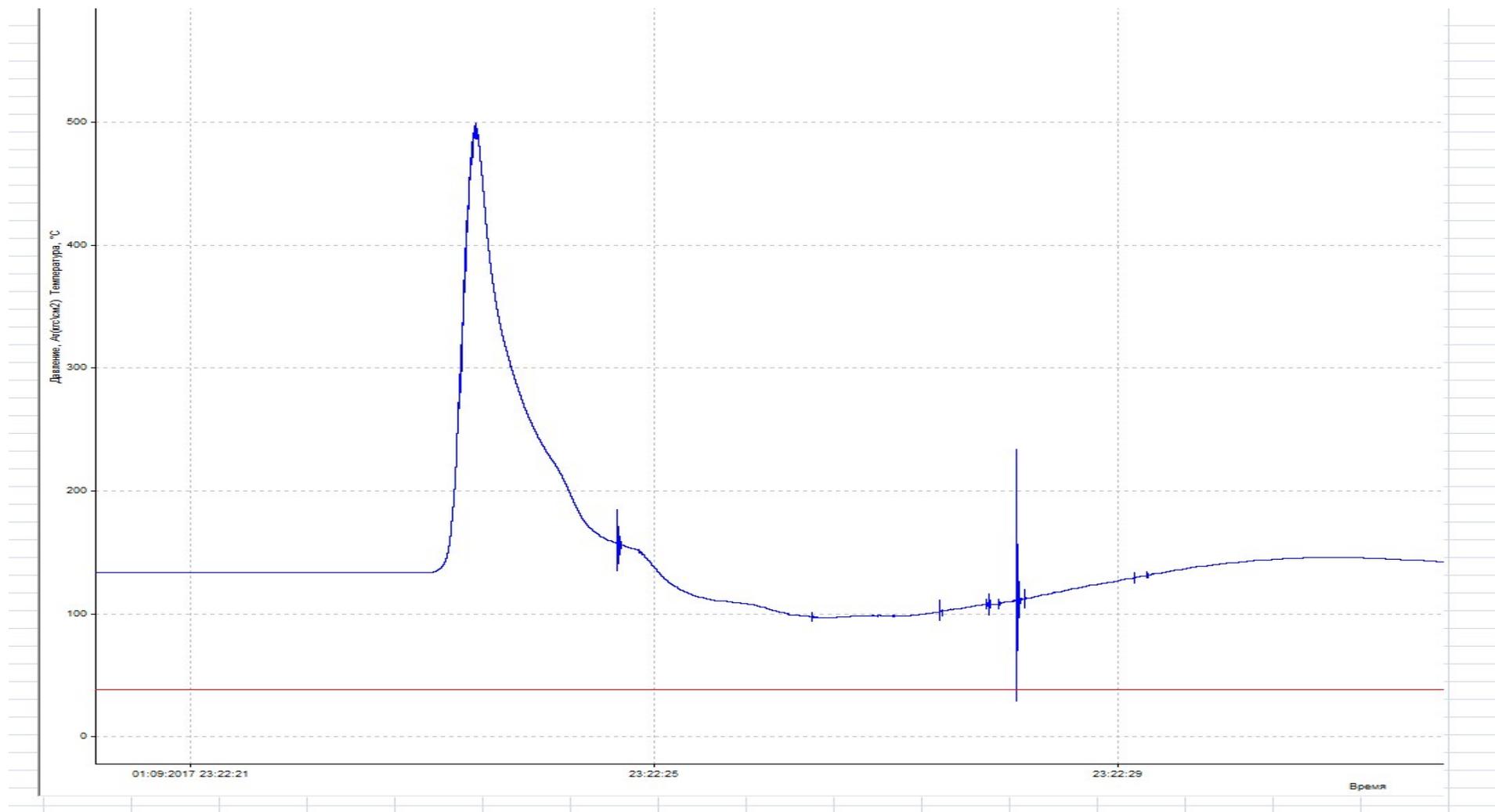


График изменения давления при воздействии на пласт 7-ю шашками(1)



Воздействие на пласт 7-ю шашками(1)

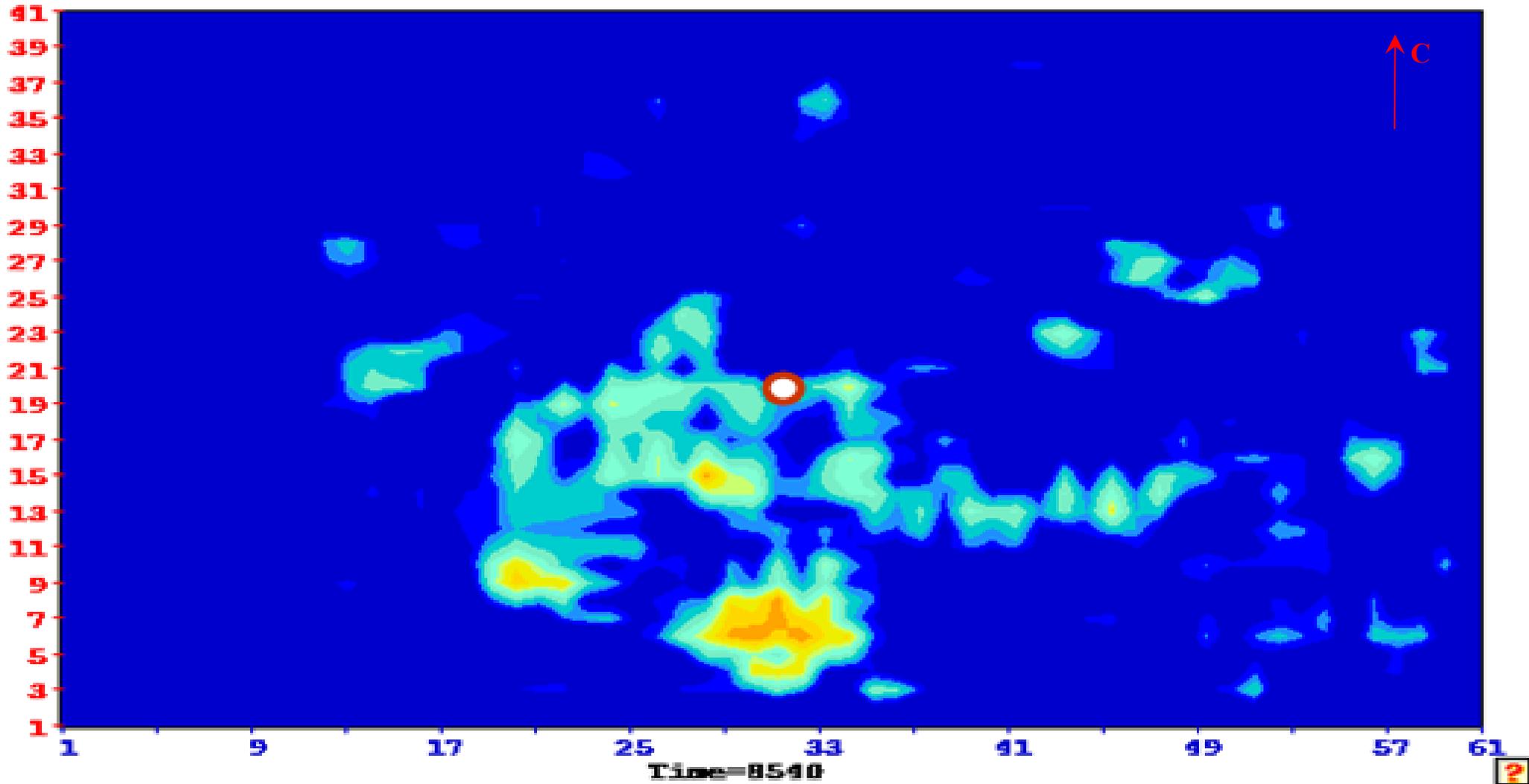
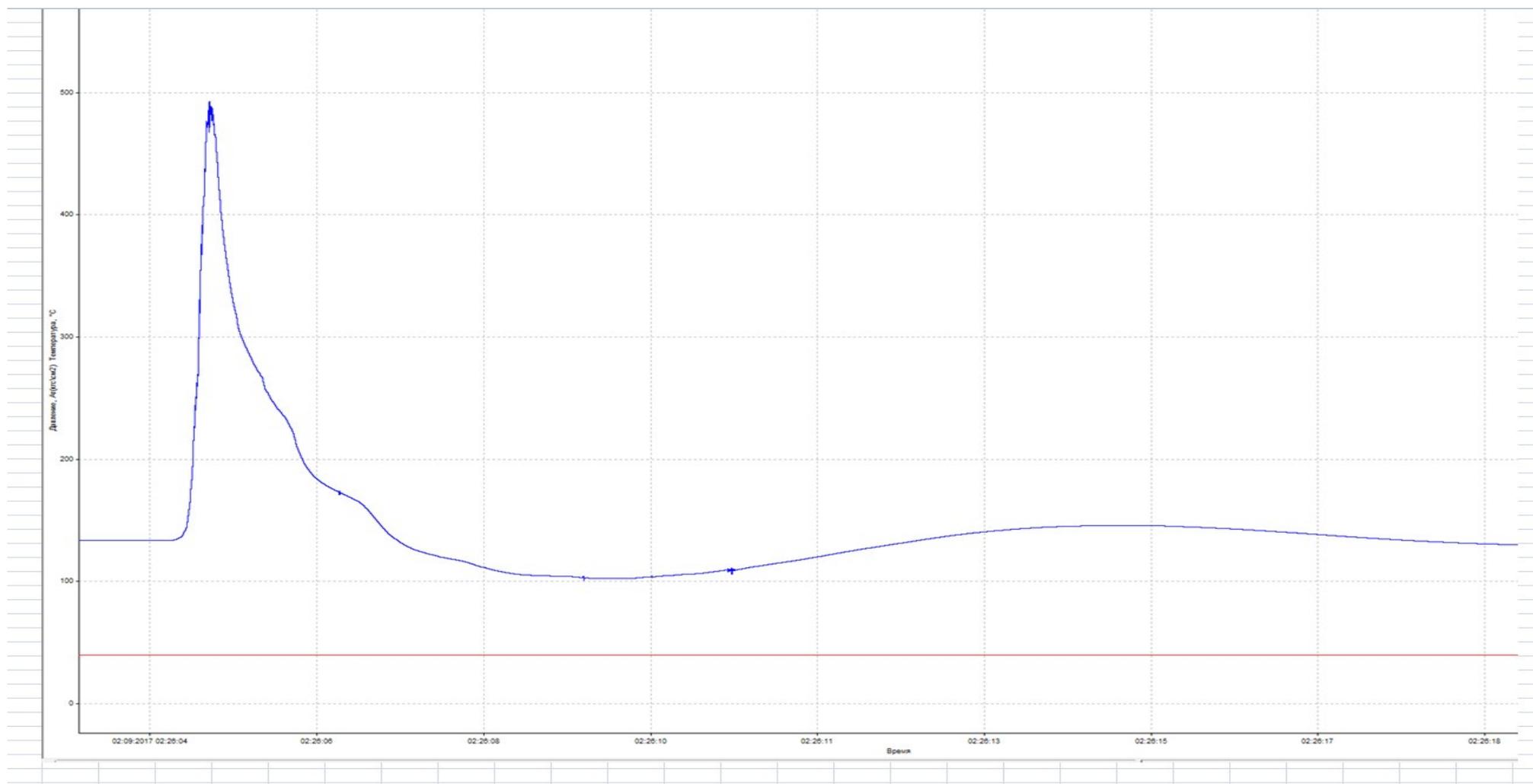


График изменения давления при воздействии на пласт 8-ю шашками(1)



Воздействие на пласт 8-ю шашками(1)

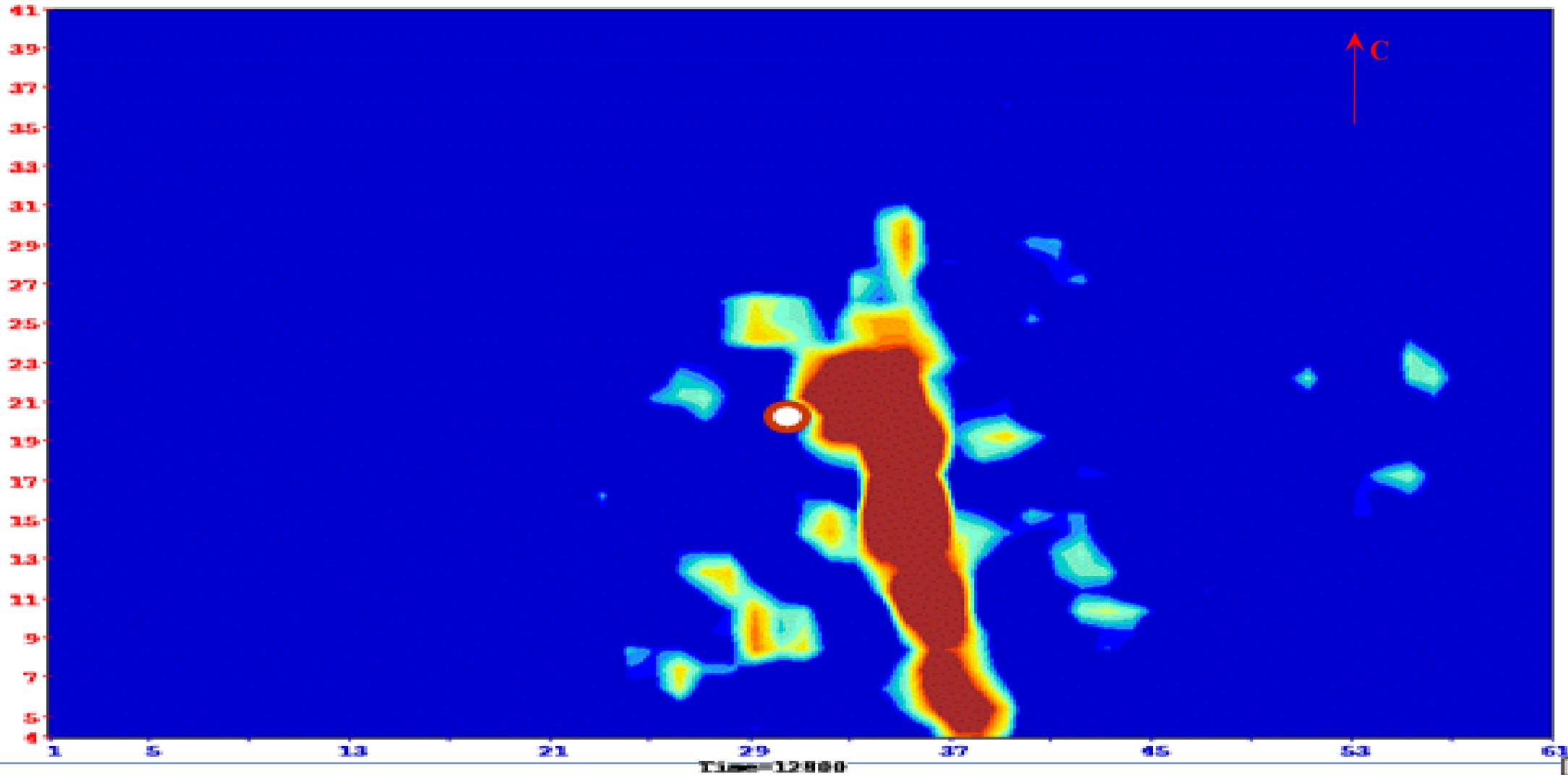
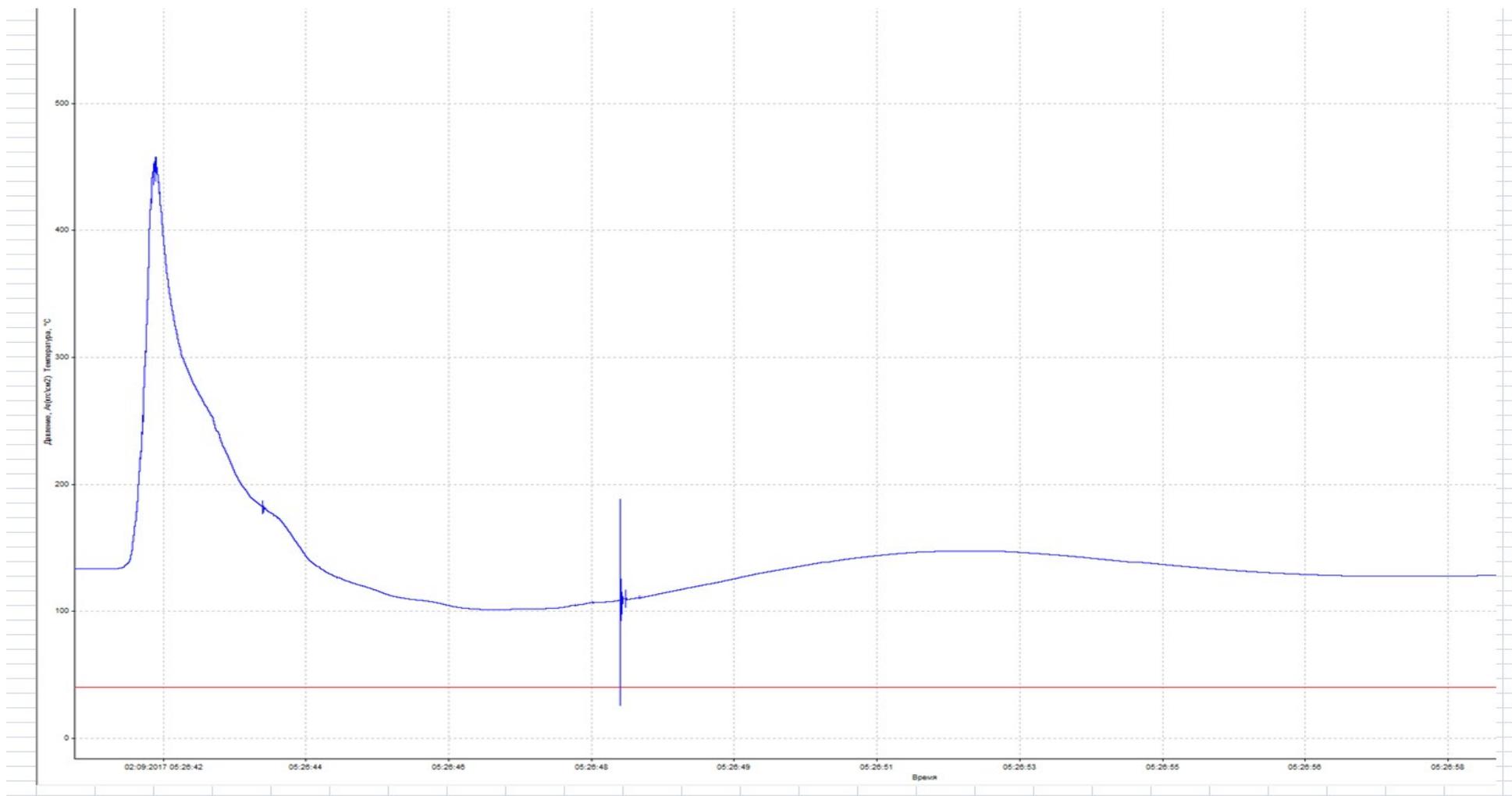


График изменения давления при воздействии на пласт 8-ю шашками(2)



Воздействие на пласт 8-ю шашками(2)

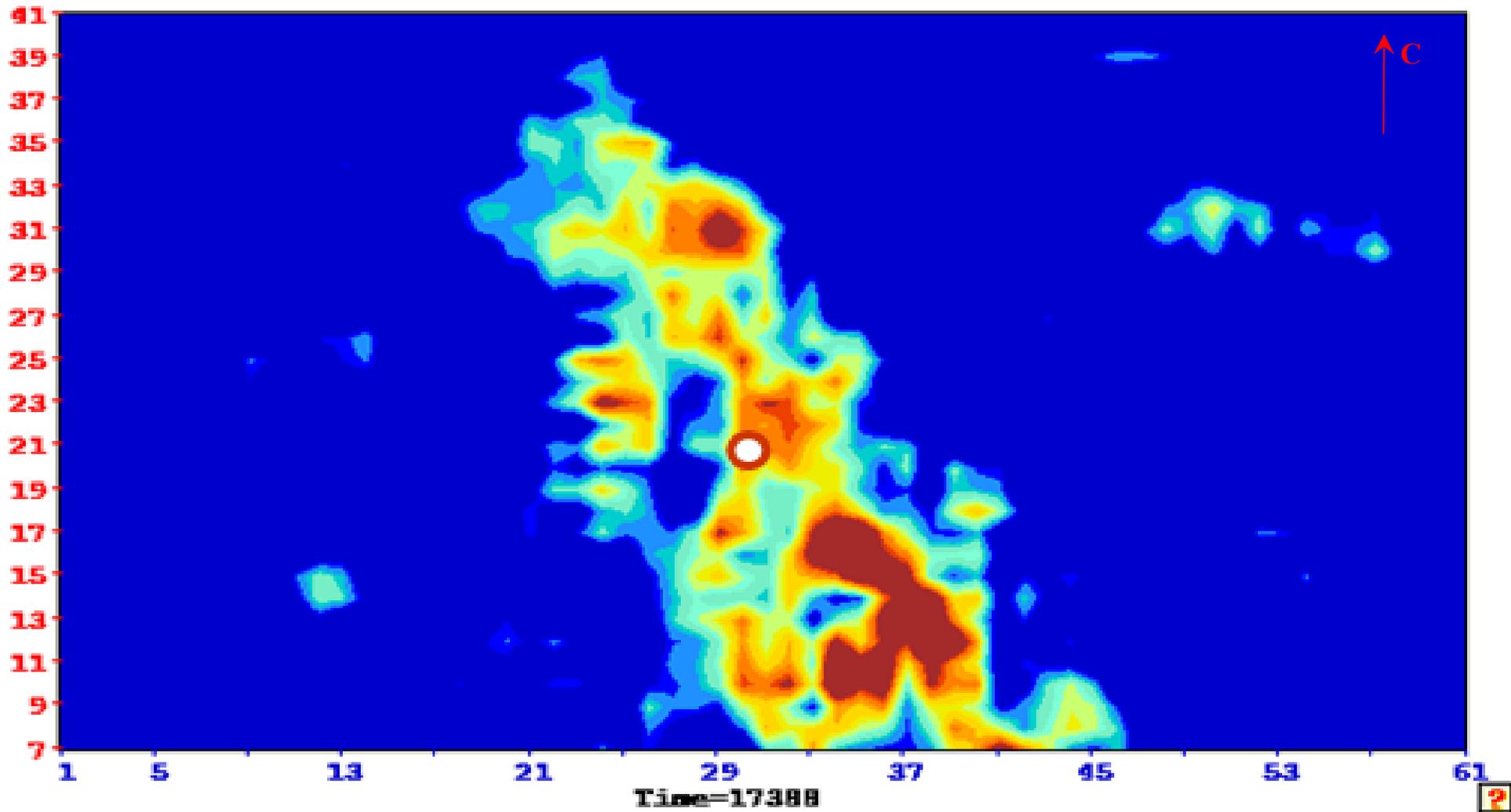
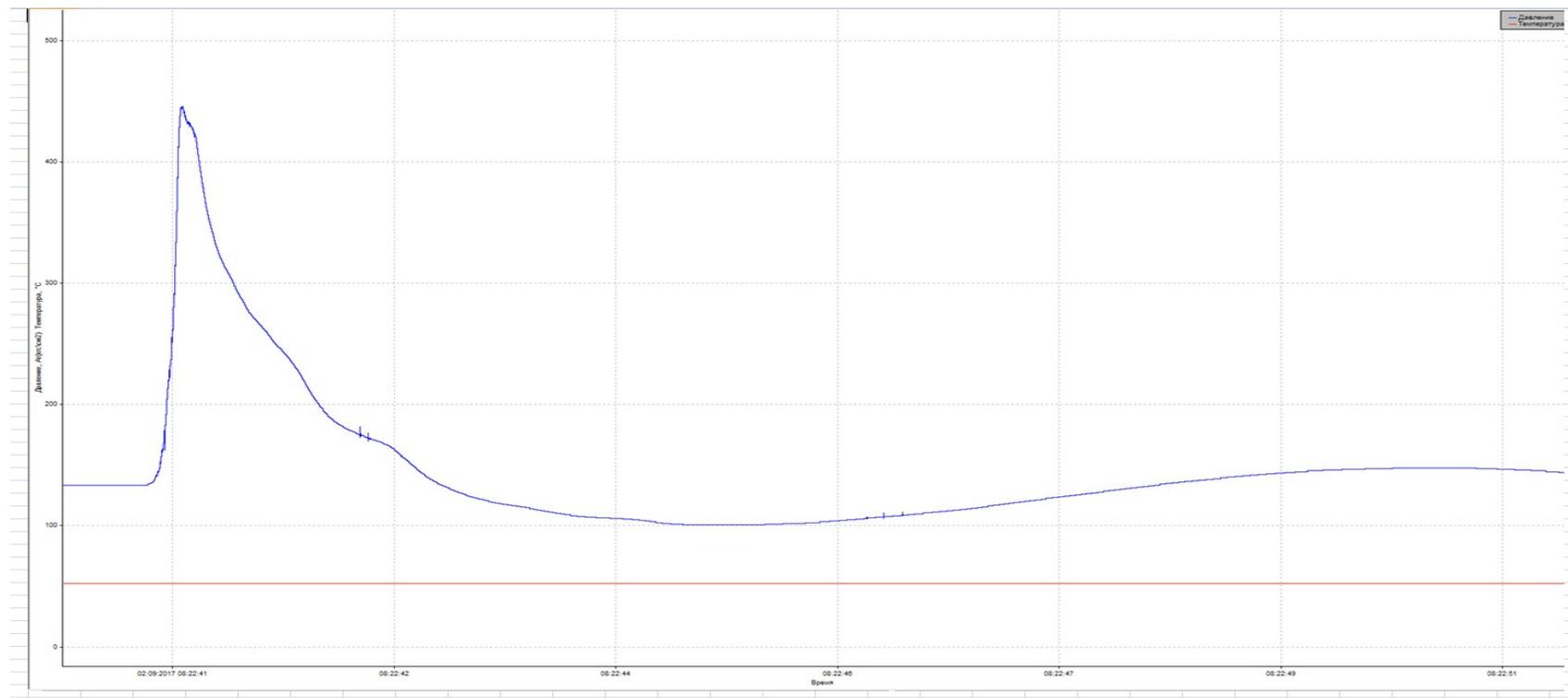
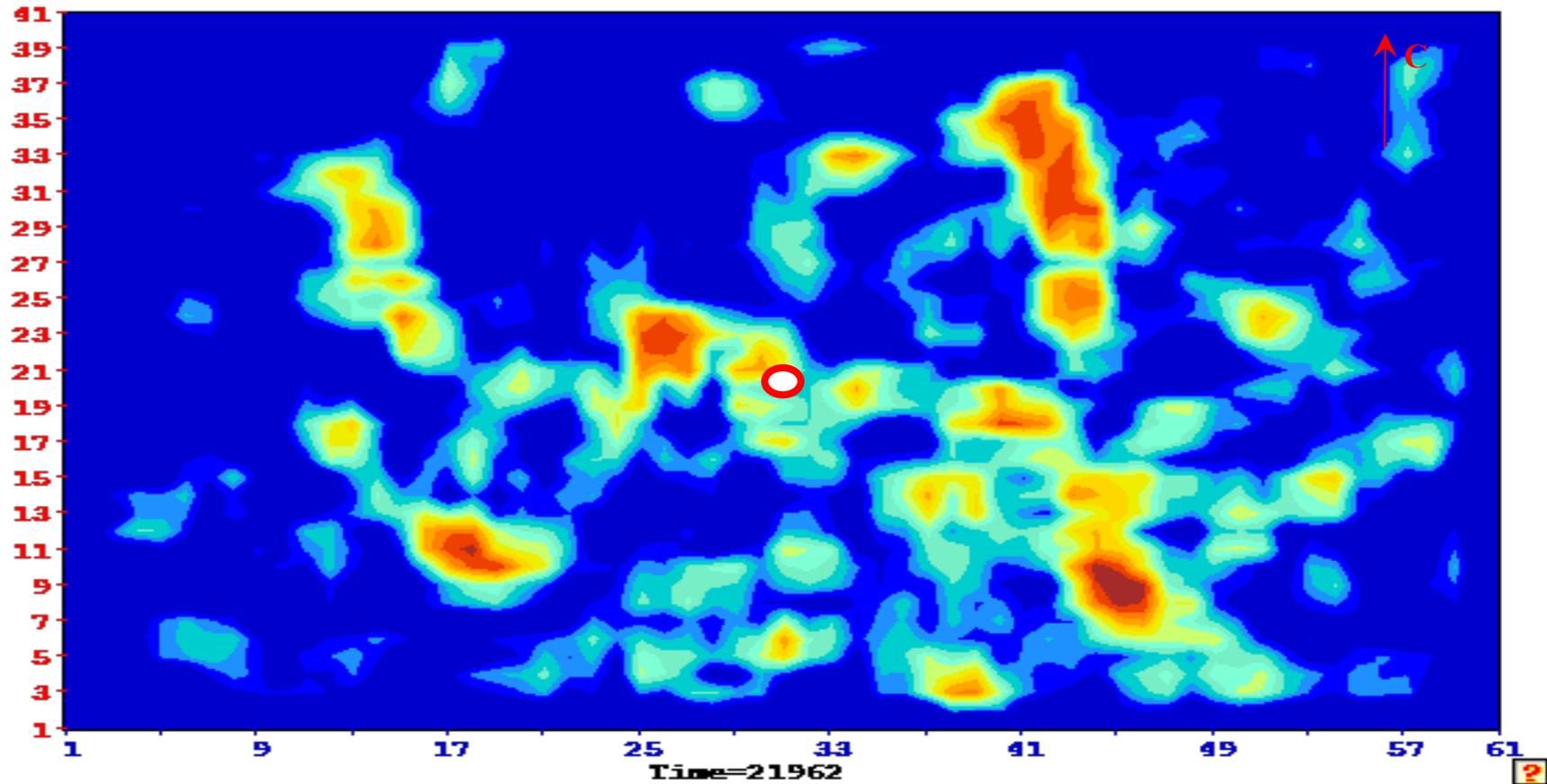


График изменения давления при воздействии на пласт 7-ю шашками(2)



Воздействие на пласт 7-ю шашками(2)



Выводы

- 1. Данные АЦМ-8: дополнительная обработка сигналов, обусловленных ое**
- 2. Наземные наблюдения микросейсмических колебаний, позволяют оценить преобладающие направления и горизонтальные размеры зон возмущения среды, вызванные образованием искусственной трещиноватости.**

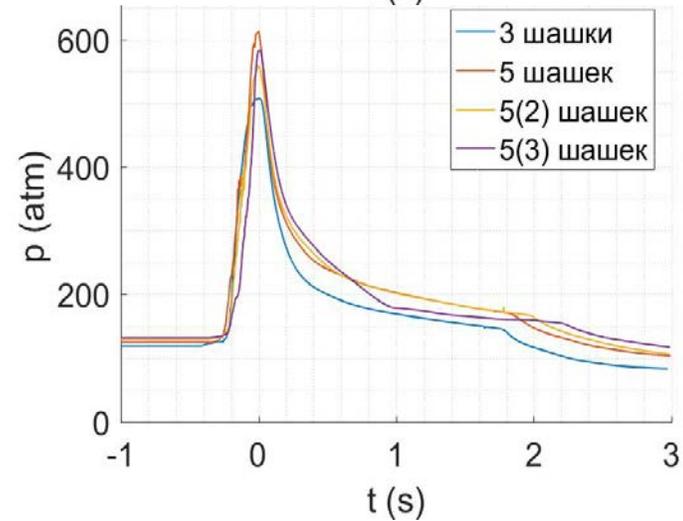
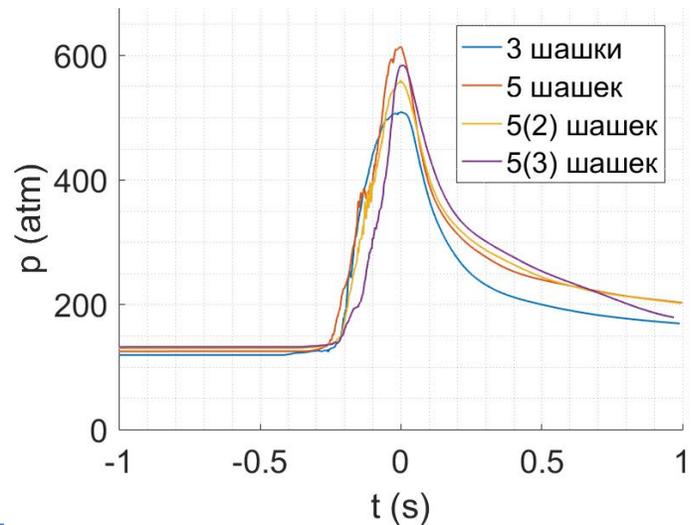
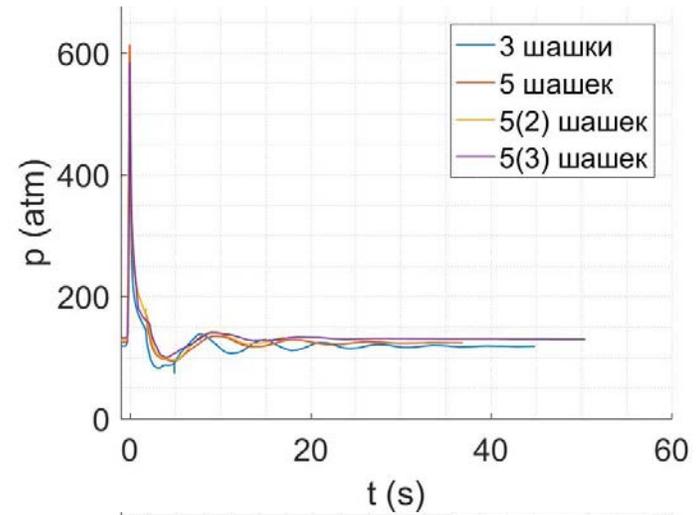
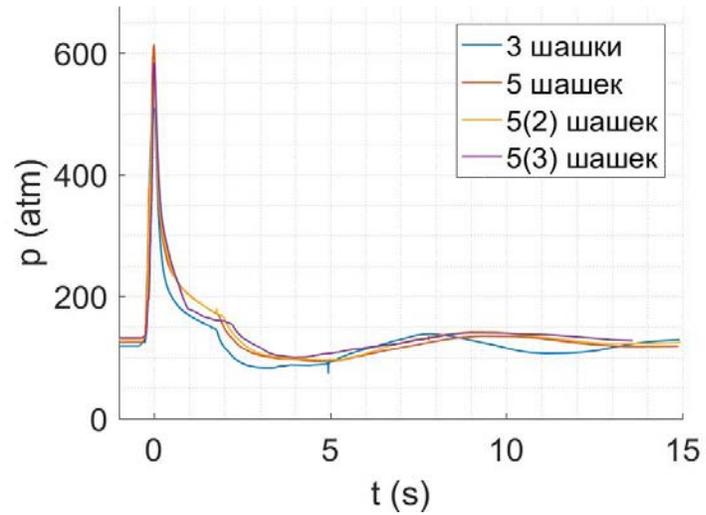
Основные результаты воздействия

- В области, прилегающей к скважине, предположительно образовалась серия трещин.
- Наиболее крупная из них примерно ориентирована на забой 5039
- В скважинах 5039 и 14408 зарегистрированы факты работы перфораторов и генераторов на забое 14414
- На глубине пласта, на площади примерно 700x900 кв.м примыкающей к скважине 14408 наблюдается увеличение амплитуды сейсмического фона и частоты сейсмических событий.

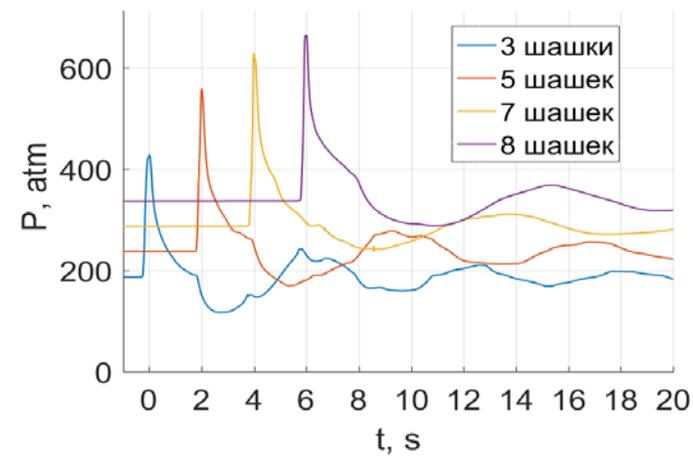
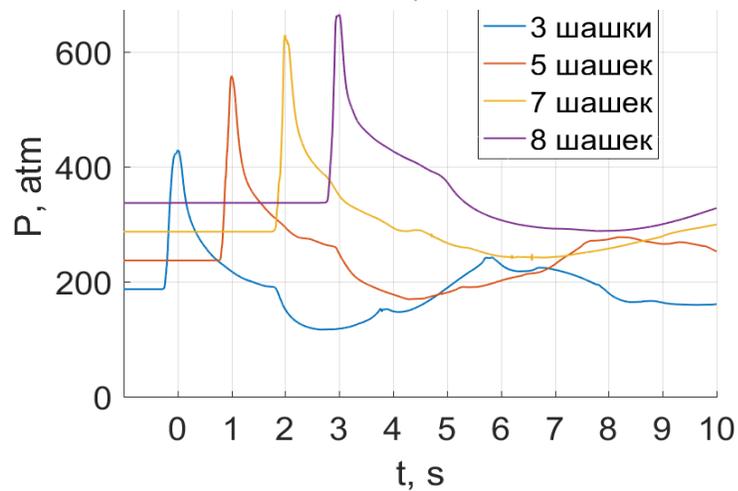
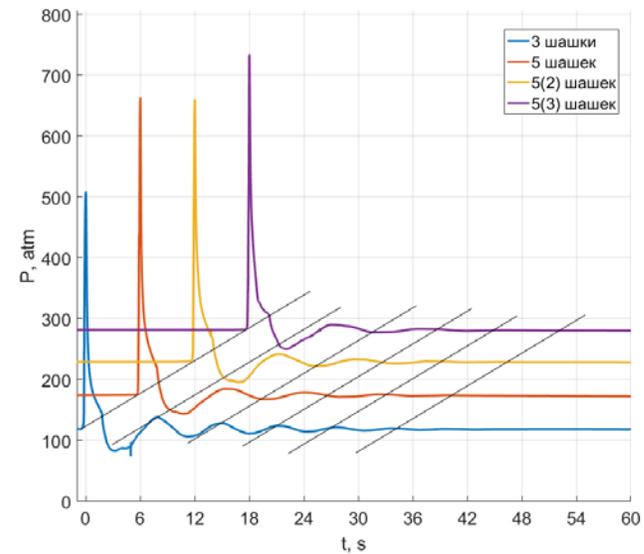
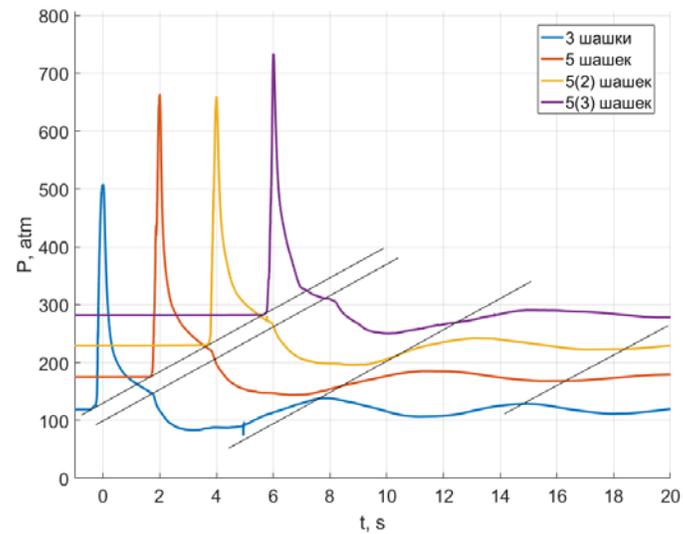
продолжение описания результата воздействия

- в скважине 5039 изменений фона и роста числа событий не наблюдается
- колебания флюида в скважинах 5039 и 14408 полностью повторяют колебания матрицы пласта
- Регистрируются максимум акустических частот при 95 и 145 Гц в направлении на забой скважины 14408
- оценка длины наибольшей трещины лежит в интервале 20-40 метров
- объем трещины не менее 2.5 кубических метра

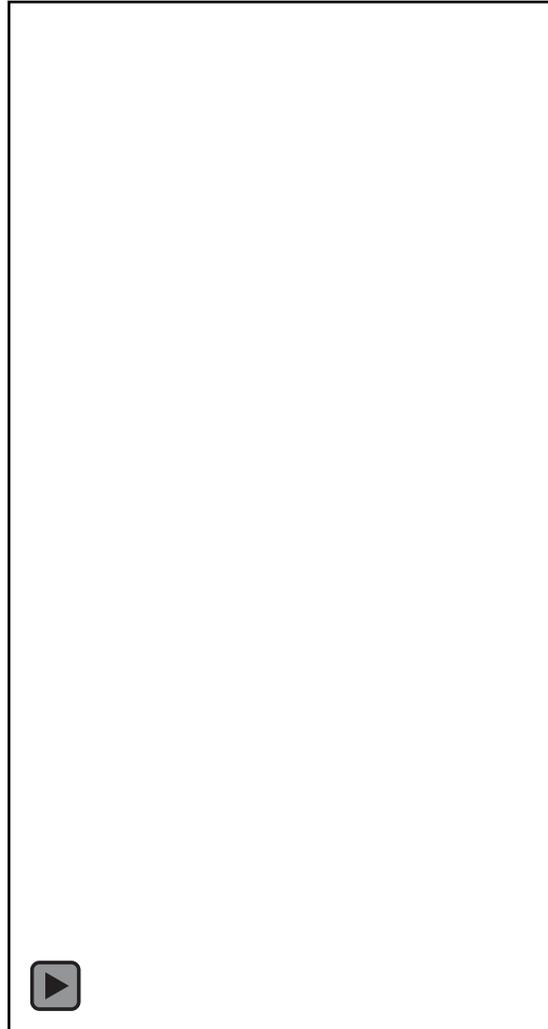
Показания датчика давления (АЦМ-8)



Показания датчика давления (АЦМ-8)



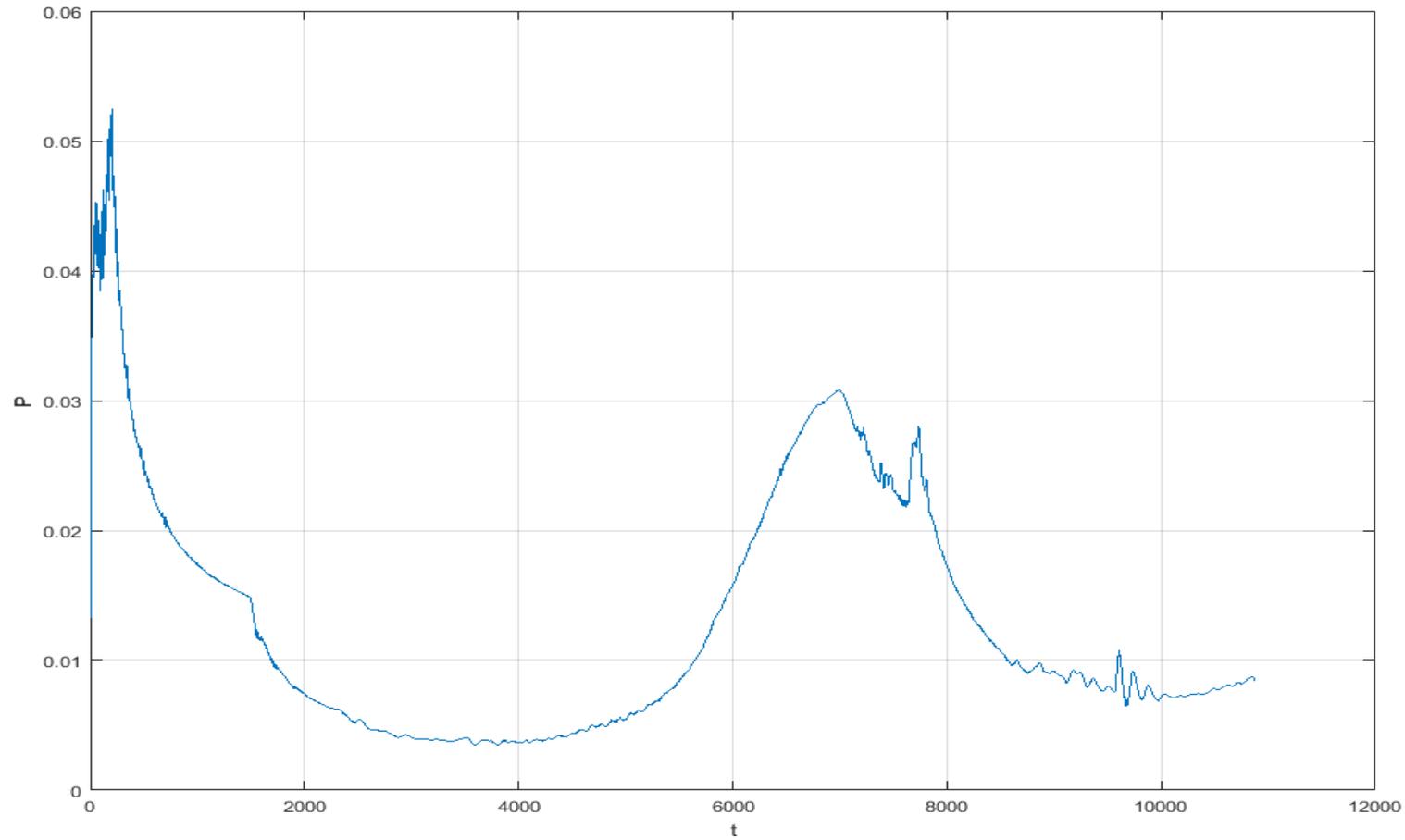
Распространение акустических волн вдоль обсадной колонны



Распространение акустических волн в горной породе



Расчетные показания датчика давления (АЦМ-8)



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В результате комплекса выполненных на Ташлиярской площади работ продемонстрирована эффективность воздействия пороховыми генераторами давления на пласт для повышения пластового давления и улучшения нефтеотдачи
- Применяемая технология обладает рядом экологических преимуществ
- Следующим шагом является синхронизированное воздействие от нескольких скважин на выделенной площади, запланированное в 2019 году
- Опыт проведенной работы и анализ результатов многочисленного применения технологии на одиночных скважинах показывает существенное влияние множества различных условий и факторов
- Целесообразно проведение расчетно-теоретических оценок, отражающих особенности конкретного воздействия

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В настоящее время в РФЯЦ-ВНИИТФ на базе комплекса СПРУТ и упрощенных моделей разрабатываются технологии для расчетно-теоритического обоснования процессов при динамическом воздействии на пласт
- Перспективной представляется корректировка программы работ на скважине в режиме реального времени на основании быстрых оценочных расчетов
- Для контроля целесообразно проводить расчеты более совершенными кодами с применением детализированных моделей

Спасибо за внимание