

Опыт проведения сейсморазведочных работ МОГТ-3Д по методике Slip-Sweep

© 2013 Гиляев Г.Г., д.т.н., Манасян А.Э. (ОАО «Самаранефтегаз»)

Исмагилов А.Ф., к.э.н., Хамитов И.Г., к.т.н., Жужель В.С. (ООО «СамараНИПИнефть»)

Кожин В.Н., Ефимов В.И. (ОАО «Самаранефтегеофизика»)

Аннотация

В работе представлен опыт проведения сейсморазведочных работ МОГТ-3Д в промышленном масштабе по методике Slip-Sweep. Показано, что использование данного метода превосходит классическое сейсмическое исследование по таким параметрам как, время на проведение работ, информативность полученных материалов в сложных сейсмогеологических и поверхностных условиях. Метод Slip-Sweep впервые использован в производственном (455 кв. км.), а не в опытном режиме на территории России. Учитывая, что проведение работ стало возможно в условиях очень развитой инфраструктуры, высокой залесенности, аграрного производства, множества рек и резкопересеченной местности, авторы считают, что производство работ по методике Slip-Sweep перспективно и в других регионах России.

Abstract

The paper presents the experience in performing the MOGT-3D seismic and exploration jobs on an industrial scale using the Slip-Sweep method. It was illustrated that the application of this method exceeds the classical seismic study by the parameters like time to perform the jobs, information content in the materials obtained in challenging seismic/geological and surface conditions. Slip-Sweep method was initially applied on a commercial (for 455 sq. km) and not a test mode at the Russian territory. Considering the fact that the performance of these jobs became possible in the conditions with highly-developed infrastructure, in the areas with high forest coverage, at the agricultural lands with numerous rivers and cross-country terrain the authors consider that the performance of these jobs based upon Sleep-Sweep method is perspective also for other Russian regions.

Введение

Методика Slip-Sweep является относительно новой. Первый опыт проведения сейсморазведочных работ МОГТ-3Д по методике Slip-Sweep получен в объеме всего 40 кв.км. в Омане (1996 г.). Далее в объеме 2000 кв.км в Казахстане(2008г.), 13000 кв.км в Ливии (2009г.), 130 кв.км на Аляске (2012г.) Как видно, методика Slip-Sweep применялась, в основном, в пустынной местности, за исключением работ на Аляске. В России, в опытном режиме (16 кв.км), технология Slip-Sweep опробована в 2010 г. силами ОАО «Башнефтегеофизика

В статье представлен опыт проведения полевых работ по методике Slip-Sweep и сравнение показателей со стандартной методикой. Показаны физические основы метода и возможность уплотнения системы наблюдения одновременно с применением технологии Slip-Sweep. Приведены первичные результаты работ, обозначены недостатки метода, пути их решения.

Опыт проведения сейсморазведочных работ МОГТ-3Д по методике SlipSweep.

В 2012 г. силами ОАО «Самаранефтегеофизика» по методике **Slip-Sweep** выполнены 3Д работы на Зимарном, Можаровском лицензионных участках ОАО «Самаранефтегаз» в объёме 455 кв. км.

Производительность полевых сейсморазведочных работ в условиях Самарской области невысокая и зависит от следующих факторов:

- высокая интенсивность землепользования,
- высокая интенсивность движения транспортных средств по автомагистралям, железным дорогам,
- высокая активность движения в населённых пунктах,
- интенсивность ветровых воздействий на приёмную расстановку при относительно слабом уровне сигнала в существующих геологических условиях
- пересечённость местности (овраги, леса, реки).

Фактически, в течение суток имеется 5-6 часов ночного времени для производства сейсмических наблюдений, что является критичным и недостаточным для выполнения объёмов в предусмотренные сроки, которые в свою очередь зависят от сложившихся ценовых условий.

Увеличение производительности, в свою очередь, зависит от выполнения трёх этапов работ:

- топогеодезическая подготовка системы наблюдения, т.е. установка пикетов профилей на местности,
- установка, наладка сейсмоприёмного оборудования,
- возбуждение упругих колебаний, регистрация сейсмоданных.

Ввиду того, что методика **Slip-Sweep** позволяет значительно ускорить производство этапа возбуждения – регистрации сейсмоданных, появляется возможность синхронизовать работу с другими этапами. В варианте проведённых работ методикой **Slip-Sweep** выполнено уплотнение пунктов взрыва, тем самым увеличена плотность наблюдений, и следовательно, повышено качество работ одновременно с увеличением их производительности (таблица 1).

Таблица 1

Сравнение показателей применения стандартной методики и методики **Slip-Sweep**

	Методика Slip-Sweep	Стандартная методика
Характеристики методики работ		
шаг ПВ (м)	12.5	50
шаг ПП (м)	25	25
Количество вибраторов в группе (шт.)	1	4
Плотность ПВ на 1 кв. км (шт.)	278	67
Минимальный размер БИНа (м)	12.5 * 6.25	12.5 * 25
Номинальная кратность БИНа (шт.)	252	63
Показатели производительности работ		
Выполнение ф.н./сутки (среднее за сезон) (шт.)	800	150
Показатели качества первичных сейсмоданных		
Уровень сигнала	1	2.5
Уровень корреляционного шума	1	1.5
Соотношение Сигнал / шум Для единичной сейсмограммы	1	1.7
Соотношение Сигнал / шум С учётом увеличения кратности x4	2	1.7
Уровень приповерхностных волн-помех	1	10

Увеличение производительности за счёт методики **Slip-Sweep** на этапе возбуждения–регистрации в условиях Самарской области происходит за счёт использования краткосрочных отрезков времени, отпущенных на регистрацию сейсмоданных в течение суточного цикла работ (рис. 1). Т.о. задача выполнения наибольшего количества физических наблюдений за короткое время, выполняется методикой **Slip-Sweep** наиболее эффективно за счёт увеличения производительности регистрации физических наблюдений в 3-4 раза.

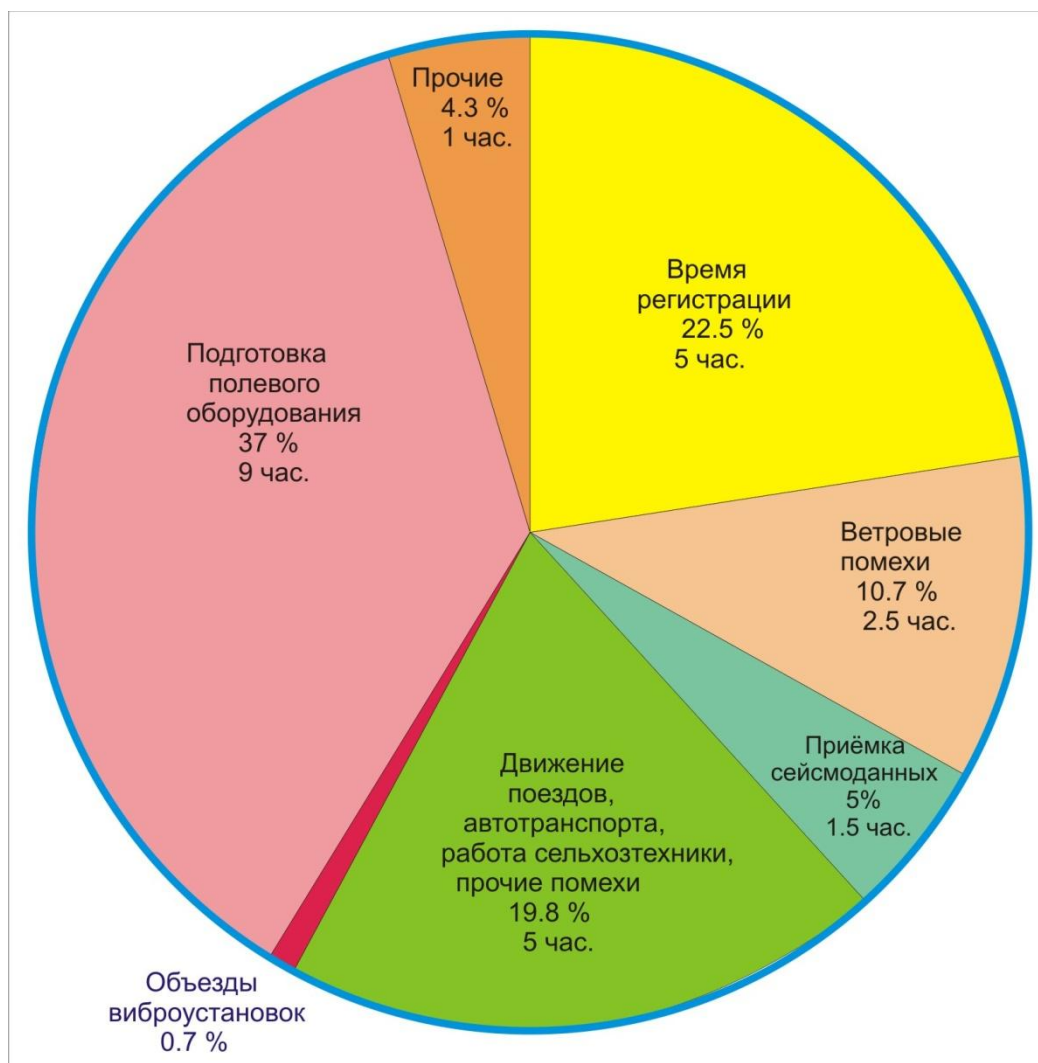
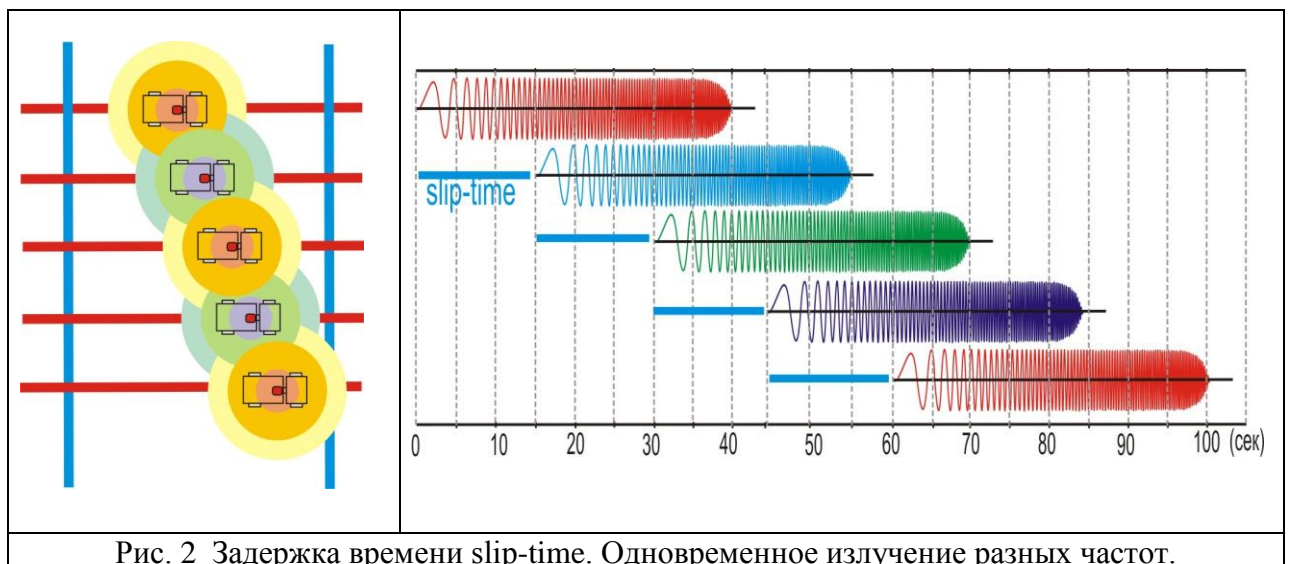


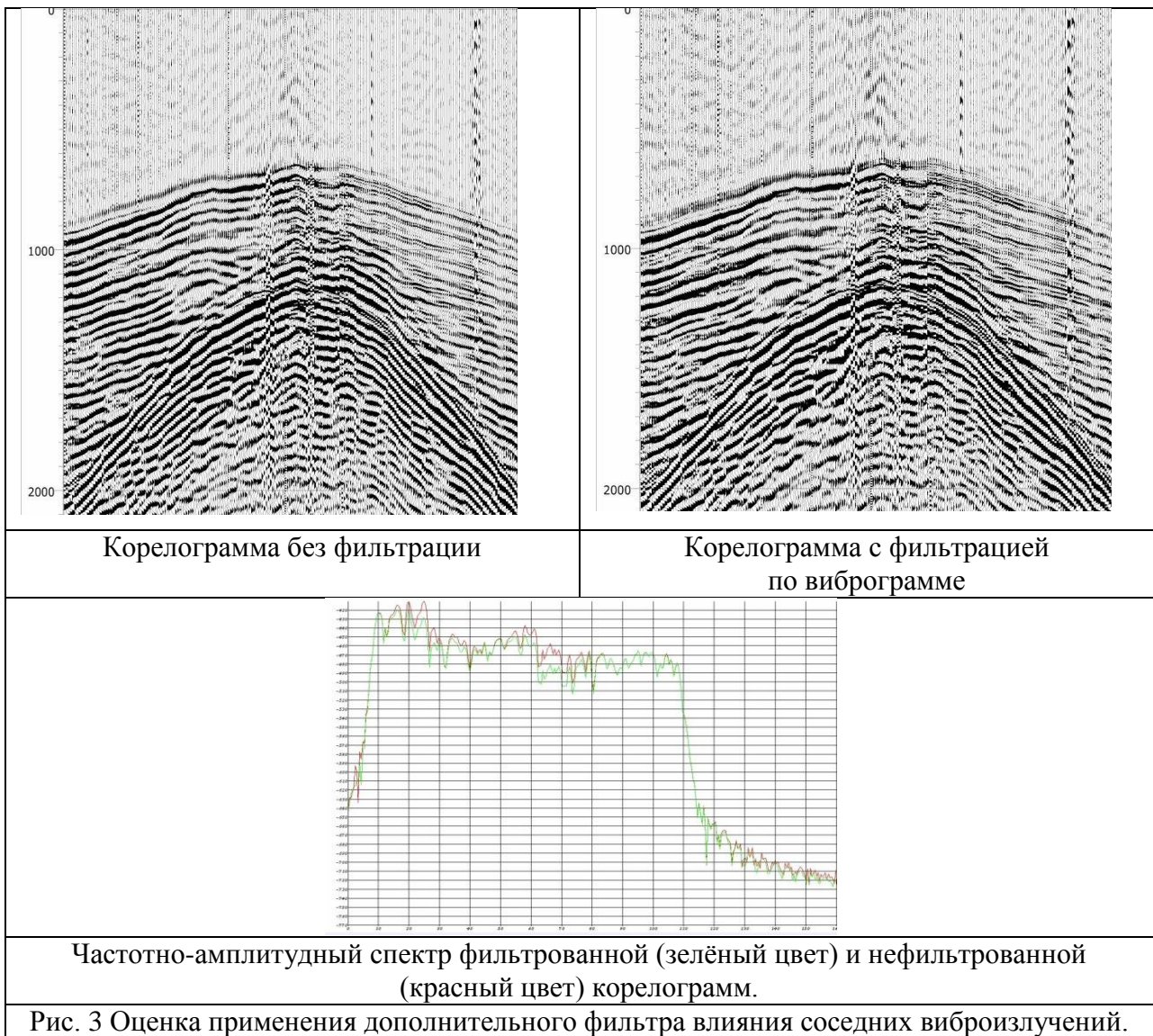
Рис. 1 Пример диаграммы среднесуточных затрат времени на производство полевых сейсморазведочных работ в Самарской области.

Методика проведения работ

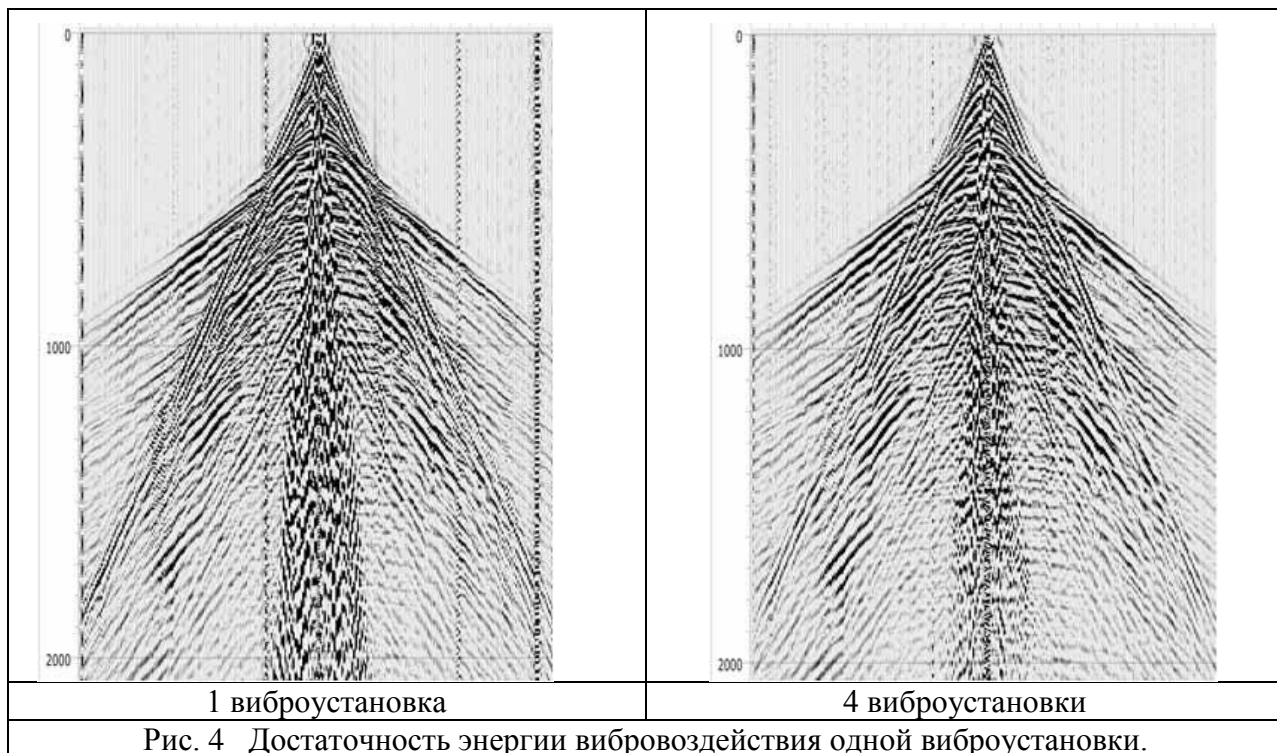
Методика **Slip-Sweep** -система высокопроизводительной сейсмозвездки, основанная на методе перекрывающихся вибрационных свип-сигналов, при которой виброустановки на разных ПВ работают одновременно, регистрация идёт непрерывно

Вибровозбуждения на разных ПВ выполняются с задержкой по времени, поэтому одновременно работающие вибраторы излучают упругие колебания на разных частотных диапазонах (рис. 2). Излучаемый свип-сигнал является одним из операторов функции взаимной корреляции в процессе получения корелограммы из виброграммы. Вместе с тем, в процессе корреляции он же является и оператором фильтра, подавляющего влияния частот, отличных от излучаемой в данный момент времени частоты, что может быть применимо для подавления излучений, одновременно работающих вибраторов. При достаточном времени задержки срабатывания виброустановок, их излучаемые частоты будут разными, тем самым возможно полное устранение влияния соседних виброизлучений (рис. 3). Следовательно, при правильно подобранном времени slip-time влияние одновременно работающих виброустановок устраняется в процессе преобразовании виброграммы в корелограмму.



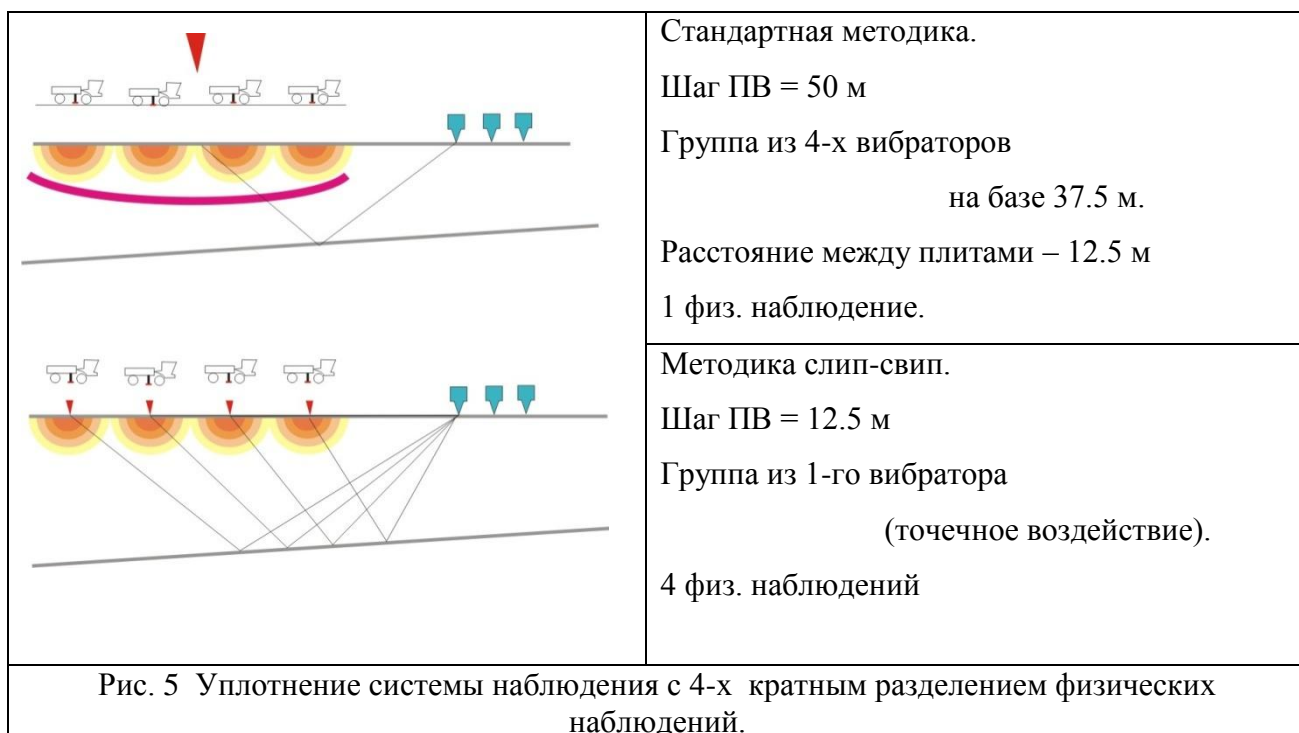


Применение одного вибратора вместо группы из 4-х вибраторов основано на достаточности энергии виброизлучения одного вибратора для формирования отражённых волн от целевых горизонтов (Рис. 4).



Методика **Slip-Sweep** более эффективна при применении уплотнении систем наблюдения. Для условий Самарской области применено 4-х кратное уплотнение системы наблюдения.

4-х кратное разделение одного физического наблюдения (ф.н.) на 4 отдельных ф.н. основано на равенстве дистанции между плитами вибраторов (12.5 м) при группе из 4-х вибраторах, шаге ПВ 50м и применении одного вибратора с шагом ПВ 12.5 м (рис. 5).



С целью совмещения результатов наблюдения стандартной методикой и методикой слип-свип с 4-х кратным уплотнением рассматривается принцип паритетности суммарных энергий виброизлучения.

Паритетность энергии вибровоздействия можно оценить по суммарному времени вибровоздействия.

Суммарное время вибровоздействия:

$$St = N_v * N_n * T_{sw} * dSP,$$

где N_v – количество виброустановок в группе,

N_n – количество накоплений,

T_{sw} – длительность свип-сигнала

dSP – количество ф.н. в пределах базового шага ПВ=50м.

Для традиционной методики (шаг ПВ = 50м, группа из 4-х источников):

$$St = 4 * 4 * 10 * 1 = 160 \text{ сек.}$$

Для метода слип-свип:

$$St = 1 * 1 * 40 * 4 = 160 \text{ сек.}$$

Результат паритетности энергий по равенству суммарного времени показывает одинаковый результат в суммарном Бине 12.5м x 25м.

Для сравнения методик имеем два комплекта сейсмограмм: 1-й комплект - четыре сейсмограммы, отработанных одним вибратором (методика **Slip-Sweep**), 2-й комплект - одна сейсмограмма, отработанная 4-мя вибраторами (стандартная методика). Каждая из 4-х сейсмограмм первого комплекта примерно в 2-3 раза слабее сейсмограммы второго комплекта (рис. 4). Соответственно, и соотношение сигнал-микросейсм ниже в 2-3 раза. Однако более качественным результатом является использование уплотнённых 4-х относительно слабых по энергии отдельных сейсмограмм (рис.6, таблица 1).

В случае сочленения площадей, отработанных разными методиками, применение процедур обработки, ориентированных на волновое поле стандартной методики, результат получается, практически, равнозначный (рис. 7, 8). Тем не менее, если применить параметры процедур обработки, адаптированные для методики **Slip-Sweep**, то результатом будут являться временные разрезы с повышенной временной разрешённостью (на момент написания статьи обработка сейсмоданных не завершена).

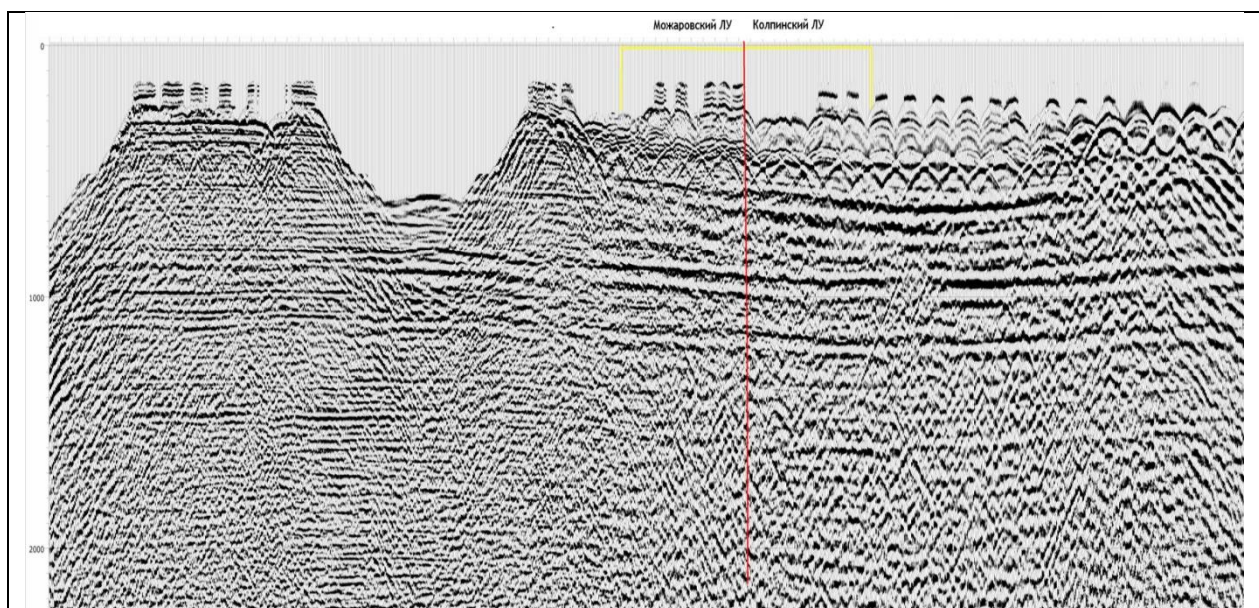
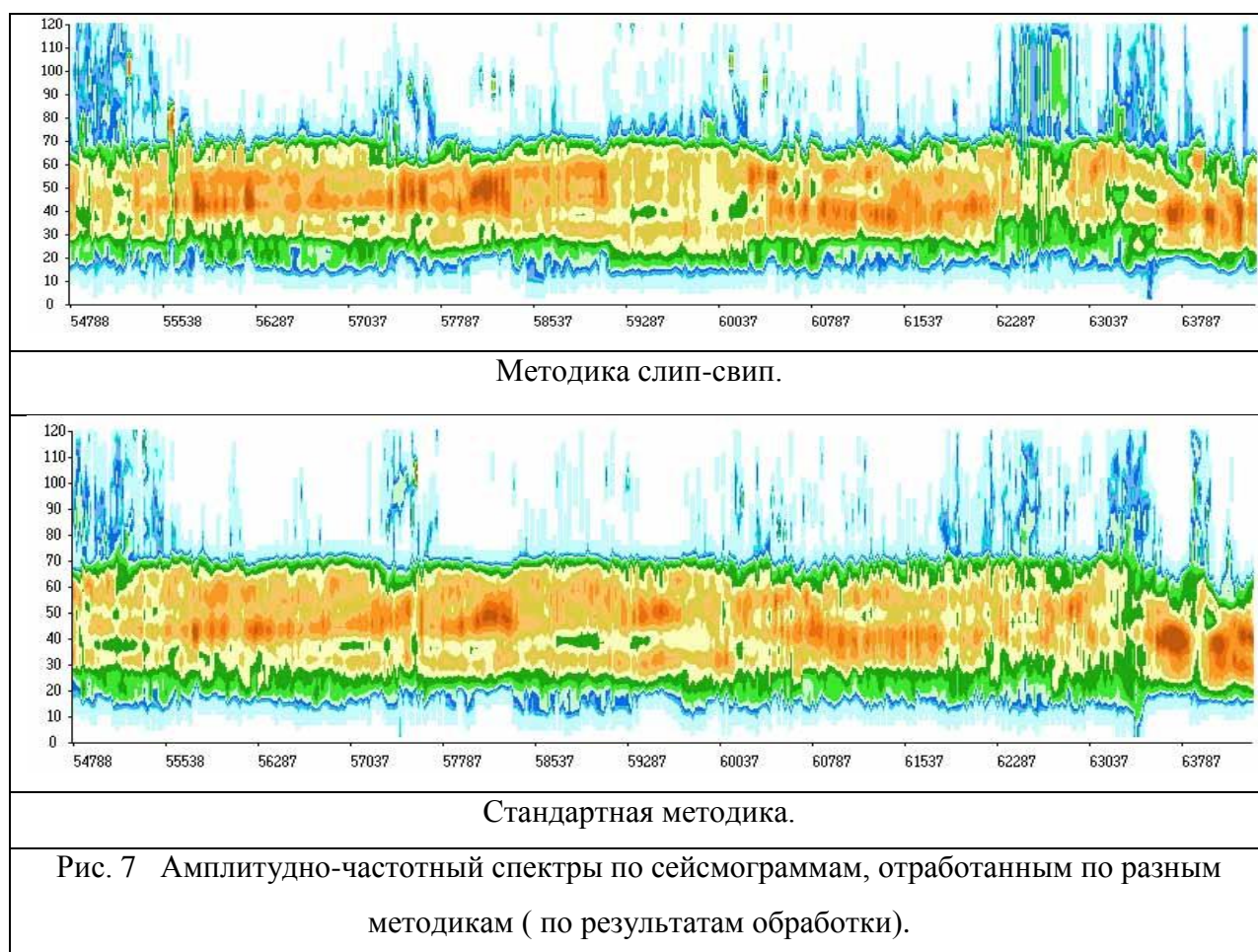
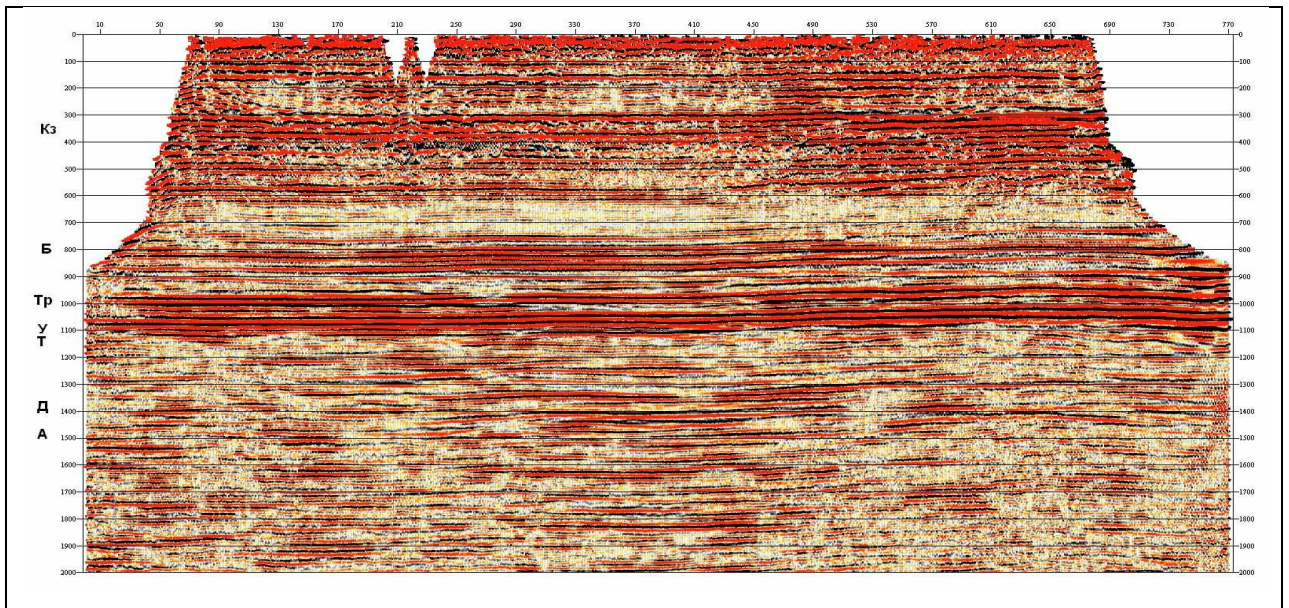


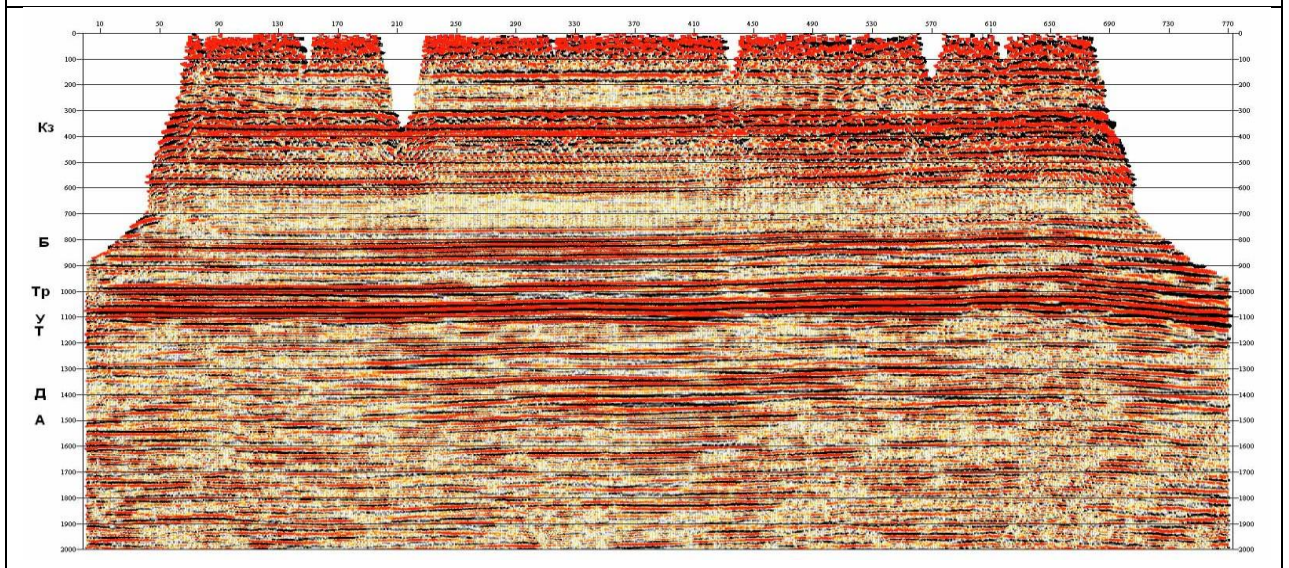
Рис. 6 Фрагмент первичного суммарного временного разреза по INLINE (без процедур фильтрации) на сочленении двух площадей, отработанных по методике слип-свип (слева) и стандартной методике (справа).

Сравнение временных разрезов и спектральных характеристик стандартной методики и методики **Slip-Sweep** показывает высокую сопоставимость результирующих данных (рис. 8). Разница заключается в наличии более высоких энергий высокочастотной компоненты сигнала сейсмоданных методики **Slip-Sweep** (рис.7). Такая разница объясняется высокой помехоустойчивостью уплотнённой системы наблюдения, высокой кратностью сейсмоданных (рис.6). Также важным моментом является точечное воздействие одного вибратора вместо группы вибраторов и его одиночное воздействие вместо суммы вибровоздействий (накоплений). Применение точечного источника возбуждения упругих колебаний вместо группы источников расширяет спектр регистрируемых сигналов в области высоких частот, уменьшает энергию приповерхностных волн-помех, что сказывается на увеличении качества регистрируемых данных, достоверности геологических построений.





Методика слип-свип.



Стандартная методика.

Рис. 8 Сопоставление временных разрезов, отработанных по разным методикам (по результатам обработки).

Внедрение метода.

С целью внедрения методики **Slip-Sweep** проведены обширные опытные работы.

Цели опытных работ:

1. Технологическая адаптация оборудования для методики **Slip-Sweep**.

Синхронизация специального оборудования, ПО, проверка работы, геофизическая оценка сейсмоданных.

2. Выбор параметров вибровоздействия для стандартной методики.

Эталоном конечных сейсмоданных установлены результаты работ по стандартной методике.

3. Выбор параметров вибровоздействия для методики **Slip-Sweep** с уплотнением ПВ.

Материалы методики **Slip-Sweep** энергетически уравнены с материалами стандартной методики.

4. Выполнение работ на профиле волнового зондирования МОГТ2Д (шаг ПП 5 м), по методике **Slip-Sweep** (шаг ПВ- 10 м) и по стандартной методике (шаг ПВ 50 м).

Исследовались, сравнивались регистрируемые волновые поля.

5. Выполнение работ на профиле МОГТ-2Д по методике **Slip-Sweep** (шаг ПВ 12.5 м) и по стандартной методике (шаг ПВ 25м).

Сравнивались динамические характеристики суммарных трасс временных разрезов.

Вывод: стандартная методика и методика **Slip-Sweep** с уплотнением ПВ могут применяться совместно.

6. Выполнение 3Д-работ по методике **Slip-Sweep** (шаг ПВ 12.5 м) и по стандартной методике (шаг ПВ 50м) в количестве 400 ф.н.

Выполнялась возможность фильтрации виброграмм от влияния соседних виброизлучений. Вывод: при достаточном времени задержки Slip-time, не требуется дополнительная фильтрация виброграмм.

Результаты работы

Экономические показатели результатов применения методики **Slip-Sweep**, приведённые к 100 кв км (таблица 2) позволяют сделать выводы:

1. При одинаковом объеме работ, общая производительность работ **Slip-Sweep** на 63,6% выше, чем при ведении работ «стандартной» методикой;
2. Рост производительности, напрямую влияет на длительность работ (снижение на 38,9%);
3. При использовании методики **Slip-Sweep** себестоимость полевых сейсморазведочных работ ниже на 4,5 %;

Таблица 2

Экономические показатели сравнения методик работ.

№ п/п	Показатели	ед изм.	Вид методики		Отклонение (ст.5-ст.4)	Отклонение, %
			Стандартная (МОГТ-3D)	Слип - свип уплотнением системы		
1	Объем работ	км ²	100	100		
2	Производительность	км ² /мес.	55	90	35	163,6
3	Длительность работ	мес.	1,8	1,1	-0,7	61,1
4	Себестоимость	руб./км ²	603 535	576 627	-26 908	4,5
5	Средняя цена	руб./км ²	645 783	645 822	39	1,0

Преимущество методики **Slip-Sweep**:

1. Высокая производительность работ, выраженная в увеличении производительности регистрации ф.н. в 3-4 раза, увеличении общей производительности на 60 %.
2. Улучшенное качество полевых сейсмоданных за счёт уплотнения ПВ:
 - Высокая помехоустойчивость системы наблюдения
 - Высокая кратность наблюдений (252 вместо 67) .
 - Возможность увеличения пространственной разрешённости (уменьшение дискретности БИНа с 12.5*25 м до 12.5* 6 м).
 - Увеличение доли высокочастотной составляющей сейсмического сигнала на 30% за счёт точечного возбуждения (вибровоздействия).

Недостатки применения методики.

Работа в режиме методики **Slip-Sweep** – это работа в «конвейерном» режиме в среде потоковой информации при безостановочной регистрации сейсмоданных. При безостановочной регистрации визуальный контроль оператора сейсмокомплекса за качеством сейсмоданных существенно ограничен. Какой-либо сбой может привести к массовому браку или остановке работ. Также на этапе последующего контроля сейсмоданных на полевом вычислительном центре требуется применение более мощных вычислительных комплексов полевого обеспечения подготовки и предварительной полевой обработки данных. Однако затраты на приобретение компьютерного оборудования, как и оборудования дооснащения регистрирующего комплекса окупаются в рамках прибыли исполнителя работ за счёт сокращения сроков их выполнения. Кроме прочего, требуются и более эффективные логистические процедуры по подготовке профилей к отработке физических наблюдений.

Выводы:

1. Впервые в России в промышленном масштабе проведены сейсморазведочные работы 3Д по методике SleepSweep в объеме 455 кв.км.
2. Показаны преимущества и недостатки методики. Производительность работ увеличивается на 60 %. Недостатком является снижение контроля качества сейсмоданных на этапе регистрации.
3. Выявлена возможность повышения качества за счет уплотнения систем наблюдения без падения производительности работ, результатом чего является увеличение спектральной, временной и пространственной разрешённости сейсмоданных.
4. Планируется в 2013 г. проведение сейсморазведочных работ 3Д по методике Sleep-Sweep в объеме 1436 кв.км.

Список использованной литературы.

1. Пацев В.П., 2012. Отчёт о выполнении работ по объекту проведение полевых сейсморазведочных работ МОГТ-3Д в пределах Зимарного лицензионного участка ОАО «Самаранефтегаз». 102 с.
2. Пацев В.П., Шкоков О.Е., 2012. Отчёт о выполнении работ по объекту проведение полевых сейсморазведочных работ МОГТ-3Д в пределах Можаровского лицензионного участка ОАО «Самаранефтегаз». 112 с.