

Опыт применения уплотненных систем наблюдения совместно с технологией «слип-сви́п»

■ Ефимов В.И., ОАО «Самаранефтегеофизика», г. Самара

Новые технологии в сейсморазведке дают возможность выполнять сейсмические наблюдения быстрее, в больших объемах, с высоким качеством зарегистрированных сейсмоданных. В настоящее время за рубежом значительные объемы сейсморазведочных работ, как правило, выполняются силами высокопроизводительных «мегапартий» и в короткие промежутки времени. Это обеспечивает высокие экономические и геологические результаты.

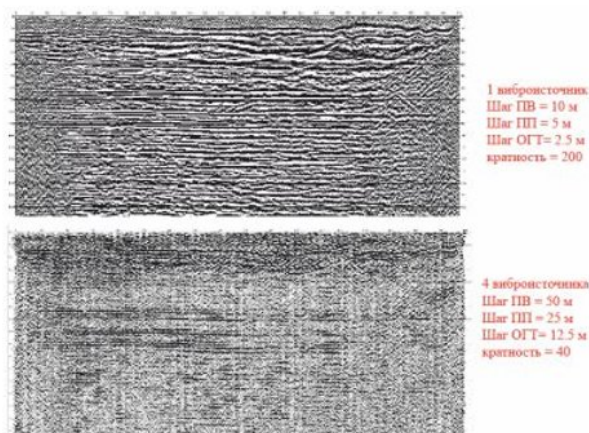
В европейской части России, в таком, например, регионе как Самарская область непросто реализовывать такого рода масштабные проекты. Самарская область – густонаселенный, промышленный регион с высокоразвитым сельским хозяйством. Практически, нет возможности выполнять сейсмонаблюдения в светлое время суток. Наиболее «тихое» время для выполнения работ – это промежуток ночных 5-6 часов, когда затихает промышленная, ветровая активность. Следовательно, становится актуальной задача – максимально больше физических наблюдений выполнить в короткий период времени. Одной из технологий, позволяющих ускорить процесс наблюдений, является вибросейсмическая технология «слип-сви́п».

«Слип-сви́п» – технология непрерывной регистрации сейсмоданных при одновременных вибровоздействиях на нескольких пунктах возбуждений. Вибрационные возбуждения упругих колебаний выполняются со сдвигом по времени. Соответственно, в каждый момент времени у всех одновременных вибровоздействий разные частоты. На этой разности частот и построен принцип отделения

физических наблюдений друг от друга.

Производительность работ при непрерывной регистрации возрастает как минимум на порядок. Но если имеется возможность выполнить работу быстрее, значит можно сделать больше и пойти по пути уплотнения системы наблюдения, выполнить большее количество наблюдений на квадратный километр за тот же промежуток времени. Тем самым можно увеличить количество информации, получаемой на одном квадратном километре площади исследования.

Уплотнение обеспечивает увеличение детальности (разрешенности), увеличение количества информации, что уже является положительными факторами (Рис. 1).



▲ Рис. 1. Сравнение сейсмонаблюдений разной плотности (предварительные суммарные разрезы).

Одним из основных требований в современной сейсморазведке в России является обеспечение максимально сильного сигнала. Чем сильнее сигнал, тем выше соотношение сигнал-помеха.

Традиционно вибровоздействие выполняется группой виброисточников. Необходимость применения именно группы источников диктуется недоста-

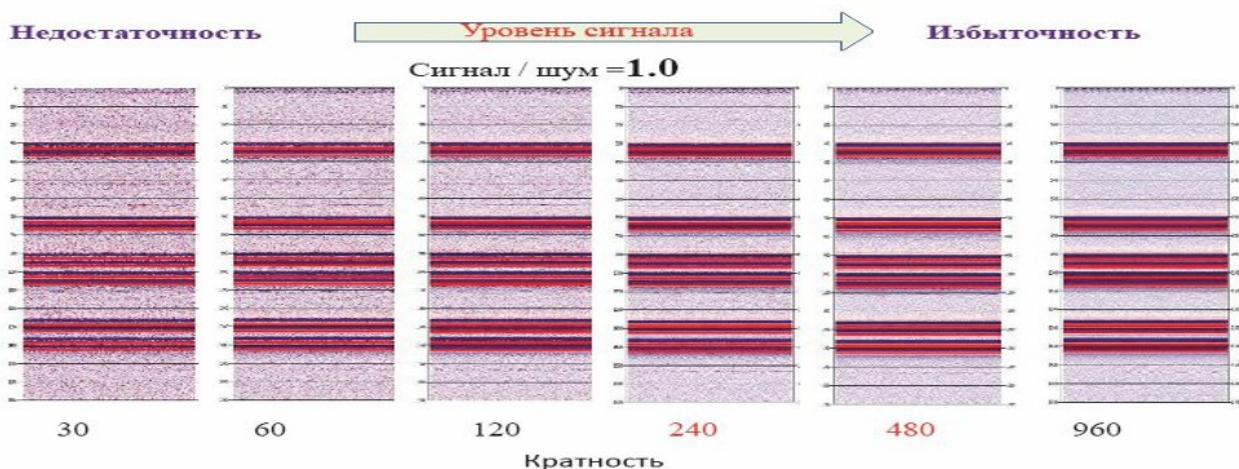
точной мощностью каждой отдельной виброустановки для получения при вибровоздействии сигнала должного уровня. Кроме того, группирование источников обосновывалось необходимостью подавления приповерхностных волн-помех. Именно расстояние между источниками является здесь ключевым фактором. Однако плотность систем наблюдения возросла, расстояния между источниками сократились и эти расстояния не соответствуют параметрам подавления волн-помех. Напротив, в данном случае группирование лишь усиливает волны-помехи. Результатом использования при этом «вертикального» суммирования, т.е. многократного накапливания результатов воздействий на одной точке, является суммарная корелограмма со всеми интерференционными эффектами.

Итак, в соответствии с действующими требованиями к проведению работ группирование источников возбуждения сейсмических сигналов используется для повышения мощности сигнала и, соответственно, увеличения компоненты полезного сигнала относительно шумовой компоненты записи. Однако не следует забывать, что кроме полезных волн, присутствуют и волны-помехи, эффекты интерференции, всякого рода нелиней-

ные искажения и т.п., которые, в свою очередь, также усиливаются с увеличением исходного воздействия. Именно эти помехи могут представлять гораздо большую опасность, нежели шумы микросейсм. Возможности увеличения мощности воздействия, в свою очередь, неограниченны. На определенном уровне зависимость «усилие возбуждения сигнала – регистрируемый сигнал» перестаёт быть линейной и эффективность становится минимальной.

Другим путем увеличения эффективности производства сейсморазведочных работ, повышения качества сейсмоданных является «горизонтальное» суммирование, основанное на уплотнении системы наблюдения. Ввиду сокращения интервалов в системе наблюдения сокращаются базы группирования. Следовательно, сокращается количество элементов в группе, а именно - количество вибрационных установок. Сигнал становится слабее, фон шумов становится сильнее. Однако, в этом случае имеет место многократность полезного сигнала, более высокая некогерентность всякого рода помех из-за их фазовых смещений по причине разных удалений взрыв-прибор, а также высокая пространственная разрешенность сейсмоданных.

▼ Рис. 2. Моделирование суммарного эффекта увеличения кратности.



Следует особо учитывать, что многократность даст положительный эффект только в случае когерентности полезного сигнала и некогерентности всякого рода помех (рис. 2).

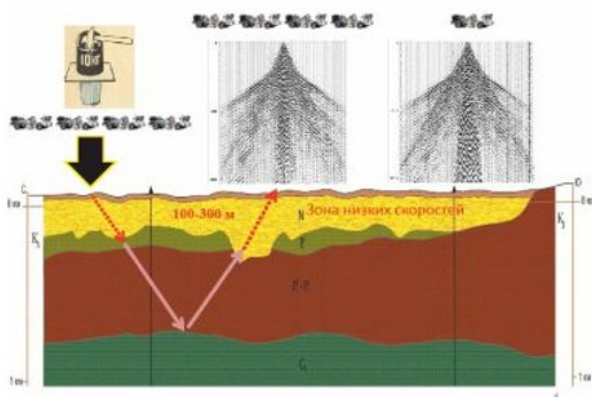
В Самарском регионе излучаемый и регистрируемый сигналы в значительной мере поглощаются приповерхностными породами в зоне малых скоростей (ЗМС). Наиболее сильно поглощаются высокие частоты. Причиной этого явления являются низкоскоростные неогеновые отложения, заполняющие плейстоценовые палеоврезы. Мощность ЗМС достигает 300 м. И чтобы «пробить» эту толщу на современном этапе применяется максимально возможное вибрационное воздействие. Но толща всё равно не пробивается. Очевидно, достигнут предел используемой технологии. Используются самые мощные виброустановки, максимально возможное количество установок, а уровень регистрируемого сигнала остается недостаточным. Не хватает энергии для надёжной корреляции глубоких горизонтов. (Рис. 3).

При внимательном рассмотрении волновых полей, реализованных разным количеством источников возбуждения, можно убедиться, что динамика полезной компоненты сейсмозаписи не меняется. Меняется энергия сигнала, но незначительно. Разница в уровне сигнала

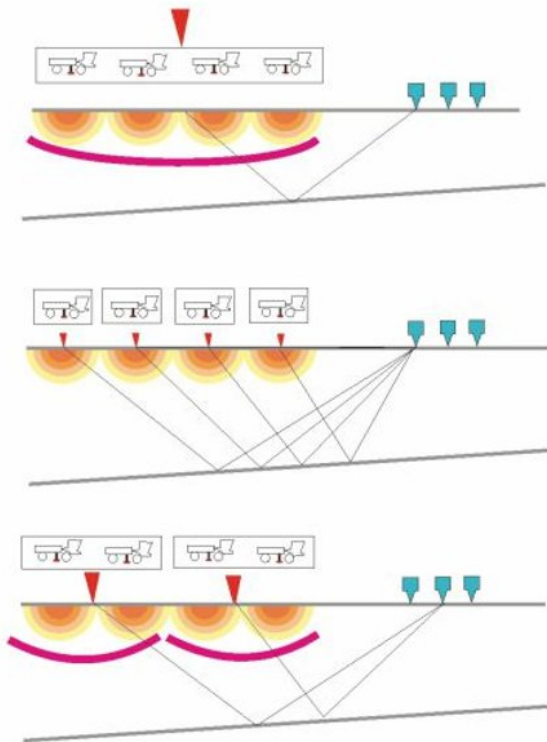
ла при применении группы из 4-х и одной установки составляет 2-2.5 раза. Более того, из-за негативного влияния эффекта группирования воздействие лишь одной установкой обеспечивает более высокочастотный сигнал. При применении одного источника вместо 4-х имеем тоже волновое поле, но в 2-3 раза более зашумлённое уровнем микросейсм. Однако теперь количество таких записей кратно шагу уплотнения и имеется уже 4 записи вместо одной. Сумма этих 4-х сейсмограмм является более помехозащищённой по причине некогерентности помех.

Здесь необходимо соблюдать баланс соотношения сигнал-помеха. Однако цифры ограничений должны браться не «с потолка» и не от визуальной презентабельности исходных сейсмограмм. Необходимо насыщать волновые поля, возможно, избыточной информацией с разных азимутов, удалений, а не вычищать каждую сейсмограмму повторными переотработками, незначительно увеличивая показатели сомнительных оконных оценок и сомнительной полезностью минимизированных, ничем не аргументированных пределов параметров вибровозбуждения.

Для выполнения работ методом «слип-сви́п» в ОАО «Самаранефтегеофизика» было принято решение о разделении физического наблюдения, выполняемого с шагом 50 м группой из 4-х вибраторов, на четыре физических наблюдения, выполняемых одним вибратором, или на два физических наблюдения, выполняемых группой из 2-х вибраторов. Таким образом, получился геометрический эквивалент – как стояли вибраторы в группе на дистанции 12-13 м, так и с шагом 12.5 м встали вибраторы на отдельные пикеты возбуждения (Рис. 4).



▲ Рис. 3. Схема ослабления сейсмических сигналов.



▲ Рис. 4. Геометрия формирования сейсмотрассы.

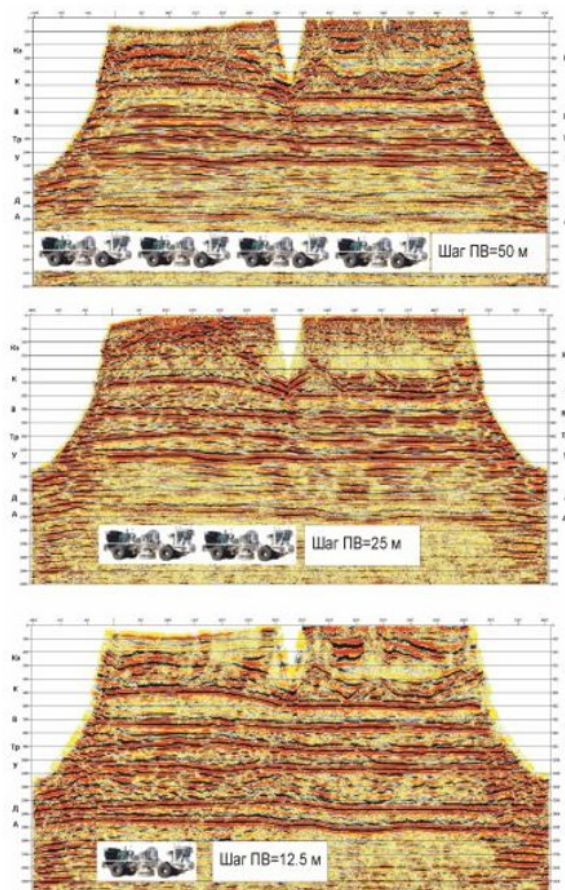
Система уплотнилась по пунктам возбуждения в 2 (4) раза. Общая производительность сейсморобот, выраженная в квадратных километрах в день, увеличилась в 4 – 6 раз. Качество суммарных данных увеличилось, несмотря на повышенный уровень зашумления первичных сейсмограмм.

Таким образом, был реализован метод «слип-свип» с уплотнением ПВ при использовании одиночной вибрационной установки (точечного возбуждения упругих колебаний) или использовании двух вибрационных установок (уменьшение базы группы).

Геометрически, имеет место тождественность применения уплотнённой и стандартной методики. С точки зрения уровня сигнала также имеется суммарный паритет. Разница заключается в перераспределении компонент сигнала и компоненты помехи. При вертикальном суммировании помехи и всякого рода искажения прячутся в интерферен-

ционных эффектах единичной сейсмограммы, соотношение сигнал-помеха которой соответствует требованиям инструкции. При уплотнении системы, т.е. при горизонтальном суммировании – помехи отделены от сигнала, остаётся лишь выполнить их очистку и суммирование.

Сравнение результатов суммирования по разным методикам с разной плотностью наблюдений показывает в худшем случае – паритетные результаты. Однако, как правило, уплотнённые наблюдения имеют большую информативность о статических поправках, имеют более высокие уровни высокочастотных компонент, что сказывается на качестве результирующих суммарных разрезов (рис. 5).



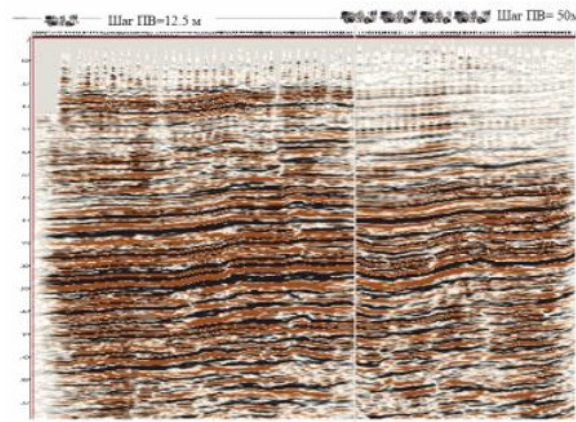
▲ Рис. 5. Сравнение временных разрезов (предварительный этап обработки) с разным уплотнением системы наблюдения, разным количеством вибраторов на ПВ.

Результаты сейсмических наблюдений бывают порой неожиданные. Наиболее яркими результатами были результаты применения уплотнённой системы наблюдения в условиях слабых регистрируемых сигналов, в условиях высокого уровня техногенных помех. При выполнении одинакового графа обработки имеется паритетность временных разрезов. При выполнении индивидуальной обработки имеется улучшение качества суммарных данных (рис.6).

Опыт применения уплотнённых систем наблюдения совместно с технологией «слип-свип» обеспечивает:

- увеличение производительности сейсморобот в 4–6 раз,
- паритетное качество окончательных сейсмоданных или улучшение их качества,
- увеличение количества сейсмической информации.

В настоящее время данная технология находится в противоречии с действующими инструкциями по соотношению сигнал-помеха первичных сейсмоданных.



▲ Рис. 6. Сравнение окончательных временных разрезов на стыковке площадей, отработанных с разной плотностью, разным количеством вибраторов на ПВ.

Подробнее об авторах



Ефимов
Владимир Иванович

главный геофизик
ПАО "Самара-
нефтегеофизика"

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики» является единственным тематическим периодическим изданием в современной России, освещающим актуальные проблемы геофизического приборостроения.

С 2015 г. журнал «Приборы и системы разведочной геофизики» входит в список ведущих периодических изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России для публикации основных научных результатов **диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.**

Рецензирование рукописей, поступающих в редакцию, в том числе обязательное для соискателей ученой степени, позволяет поддерживать высокий уровень публикаций.

С каждым годом расширяется география публикаций. С нами сотрудничают авторы более чем из 40 городов Российской Федерации, а также из Украины, Белоруссии, Азербайджана, США, Франции, Китая.

Журнал ориентирован на широкий круг представителей геофизического сообщества. Поэтому рекламодатели, размещающие рекламу своей продукции и услуг на страницах нашего журнала, могут быть уверены в том, что она привлечет внимание представителей целевой аудитории и, как следствие, приведет к развитию бизнеса (увеличению продаж товаров или услуг).

Мы открыты к сотрудничеству!