

НОВАЯ РАЗРАБОТКА

ИМПУЛЬСНЫЙ ИСТОЧНИК ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН

Современная сейсморазведка в подавляющем большинстве случаев выполняется методом отраженных продольных волн. На территории регионов с относительно простым геологическим строением кинематические и динамические характеристики сейсмической записи в целом позволяют решать задачи поисков месторождений углеводородов. Районы сложного геологического строения осадочного чехла с резко изменчивыми коллекторскими свойствами потенциально продуктивных горизонтов и незначительными их толщинами, к которым относится Сибирская платформа, требуют новых оригинальных подходов к проведению сейсморазведочных работ с получением информации по распространению поперечных волн в геологической среде (технология многоволновой сейсморазведки). Совместная обработка двух типов волн и их интерпретация позволяют изучать сложные модели строения коллекторов (трещинно-поровые, каверново-трещинные), которые характерны для рифейских и вендских нефтегазоносных комплексов Сибирской платформы.

С.М. ЗАРИПОВ

Вице-президент по производству
ЗАО «ГЕОТЕК Холдинг»

В.А. ДЕТКОВ

Управляющий директор
ООО «Эвенкиягеофизика»
(входит в ЗАО «ГЕОТЕК Холдинг»)

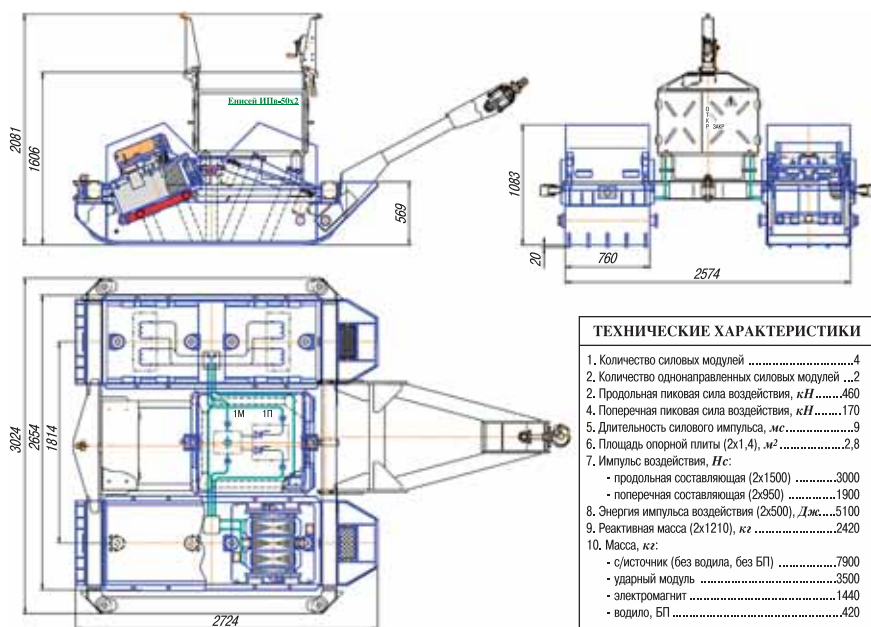
М.А. КОПЫЛОВ

Директор Минусинского филиала
ООО «Эвенкиягеофизика»
(входит в ЗАО «ГЕОТЕК Холдинг»)

В.В. КАРСТЕН

Научный сотрудник
ИНГГ СО РАН

Рис.1 Импульсный электромагнитный сейсмоисточник поперечных волн ИПВ-50С.02



С целью решения этих задач на базе Минусинского филиала ООО «Эвенкиягеофизика» ЗАО «ГЕОТЕК Холдинг» были разработаны и выпущены два макета источника поперечных волн. В данной статье освещается ход и результаты натуральных испытаний этого оборудования.

Натурные испытания макетов источников поперечных волн проводились с целью определения их работоспособности в декабре 2011 года на геофизическом полигоне, созданном на территории Минусинского филиала ООО «Эвенкиягеофизика». На рис.1, 2 показаны общие виды источников поперечных волн Енисей ИПВ.

Конструкция источника выполнена в виде двухполосных саней. Полосы соединяются в одну конструкцию рамой, на которой установлено помещение с электрооборудованием. Источник предполагается к применению в сцепке с трактором.

Полос с размещенными в его полости силовыми электромагнитами представляет собой ударный модуль.

Конструкция этого ударного модуля ИПВ-50С.02 показана на рис.3. В полости полоза встречно

В сложных геологических условиях в Восточной Сибири требуется применение новых методик и совершенного нового оборудования:

- для регистрации упругих колебаний — методика МОГТ-2ДЗС и МОГТ-3ДЗС
- для возбуждения — монотипные источники поперечных волн.

установлены два силовых 25-тонных электромагнита.

При этом сама конструкция поезда выполняет функцию опорной плиты, передающей силовое воздействие на грунт.

Представленная модель одновременно создает нормальное (F_n) и касательное (F_k) усилия, что существенно отличает ее от «чистого» источника поперечных волн. В представленной модели это условие определяется неравенством $F_k < 0,5F_n$.

Как видно из рисунка, ударный модуль создает касательные усилия вдоль продольной оси источника.

Аналогично устроен силовой модуль источника ИПв-50С.03.

Испытания включали в себя регистрацию волновых полей, возбуждаемых источниками, на наземной расстановке и в скважине глубиной 100 метров. Для сопоставления использовался также удар по торцу лежащей на земле пригруженной шпалы, обеспечивающий достаточно чистое излучение поперечных волн. Для контроля ориентации регистрирующих приборов использовались воздействия выносных источников продольных волн.

Схема опытных наблюдений приведена на рис.4. На нем отмечена наземная расстановка, включавшая в себя 25 пунктов приема с шагом 12,5 метров, скважины 1 и 2, в которых проводились наблюдения, и различные положения направленных и ненаправленных источников. В наземной расстановке использовались одиночные трехкомпонентные сейсмоприемники GS-3С, регистрация в скважине велась с помощью аппаратуры АМЦ-3-48 с 4 регистрирующими модулями при расстоянии между модулями 20 метров. Регистрация в скважине проводилась на глубинах 0–80 метров с шагом 5 метров.

Испытания проводились в несколько отдельных этапов:

Регистрация в необсаженной скважине 1 — источники поперечных волн расположены на ПВ 7. Производится воздействие источником СЭМ-100П и горизонтальным модулем, смонтированным парой на раме шириной 2 метра. Используется также

Рис.2 Импульсный электромагнитный сейсмоисточник поперечных волн ИПв-50С.03

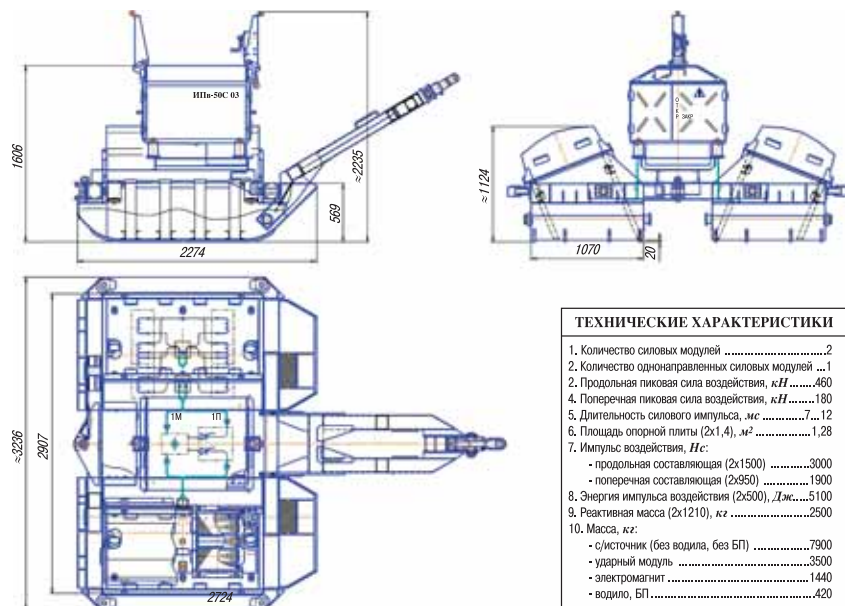
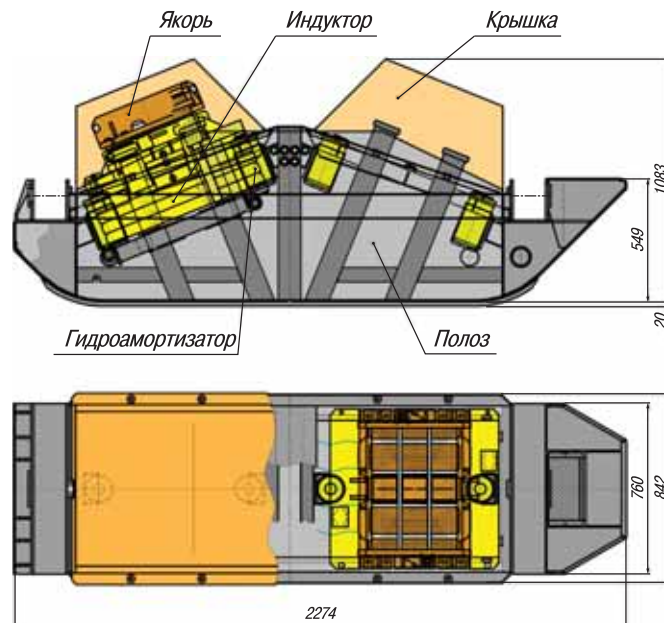


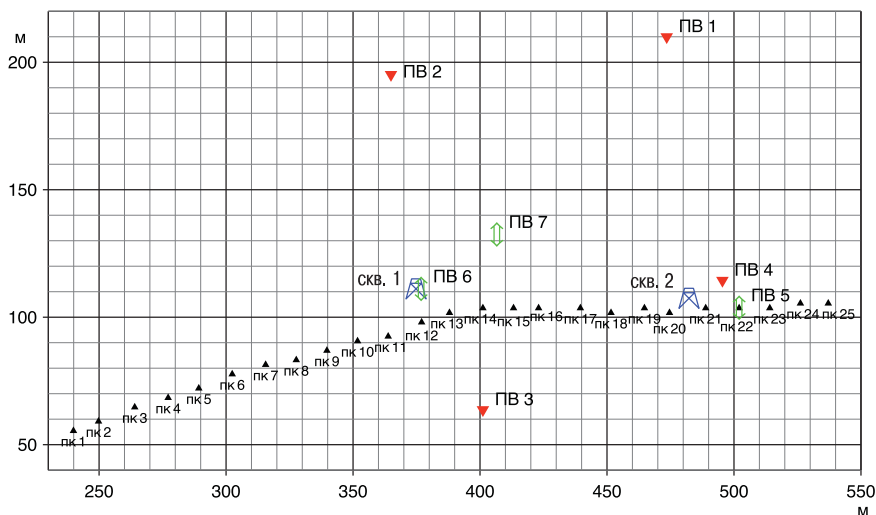
Рис.3 Силовой модуль сейсмоисточника поперечных волн ИПв-50С.02 и распределение его ударной нагрузки



воздействие ударом по торцу шпалы, которая расположена непосредственно на устье скважины в ПВ 6. Большой (40 метров) вынос источников поперечных волн вызван опасностью обру-

шения необсаженной скважины. Поскольку скважина 1 находится на краю бассейна размером 10x5 метров с бетонными бортами, направление воздействия всех источников поперечных

Рис.4 Схема опытных наблюдений



волн выбрано параллельно стороне бассейна. Для контроля ориентации скважинных приборов производится воздействие СЭМ-20 из ПВ 3 и источником КЭМ-4 из ПВ 4.

Регистрация на пикетах 1–21 наземной расстановки, источники поперечных волн расположены на ПВ 5. Производится воздействие источником СЭМ-100П

и горизонтальным модулем, смонтированным парой на раме шириной 2 метра. Используется воздействие ударом по торцу шпалы, расположенной также на ПВ 5. Воздействия выполняются в направлении, перпендикулярном расстановке (Y-воздействие). Для контроля полярности и ориентации трехкомпонентных сейсмоприемников производит-

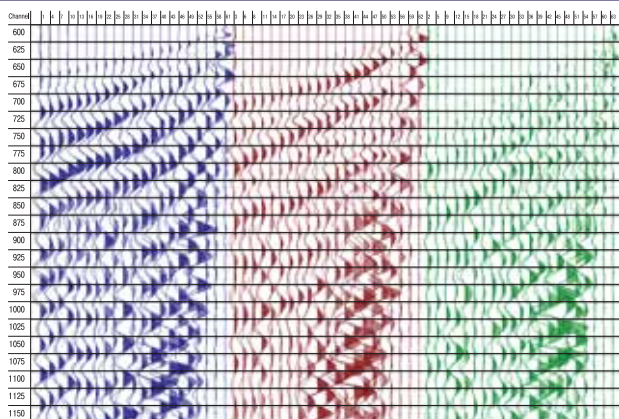
ся воздействие из ПВ 1 и ПВ 2 источником КЭМ-4.

Все воздействия проводились в количестве 10 накоплений, причем регистрировались отдельные воздействия. Каждое из горизонтальных воздействий производилось в двух противоположных направлениях. Это позволяет получить сумму и разность противоположных воздействий и тем самым провести разделение продольных и поперечных волн по признаку поляризации в источнике.

Предварительная обработка результатов испытаний проводилась в обрабатывающей системе VSPLab (разработка ИНГГ СО РАН) и включала в себя ввод статистики за отметку момента, суммирование накоплений, получение разностных и суммарных трасс и многоканальные амплитудные регулировки, сохраняющие соотношение амплитуды между выбранными трассами. Результаты обработки приведены на рис.5–12.

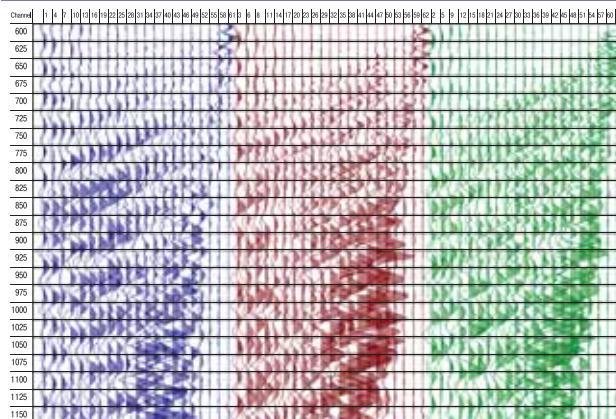
На рис.5 приведено сопоставление воздействий разных знаков источника СЭМ100П на наземной расстановке на трех компонентах. Применена трехкомпонентная нормировка, сохраняющая отношение амплитуд компонент. Видно значительное подобие формы записи при положи-

Рис.5. Источник СЭМ100П, наземная расстановка



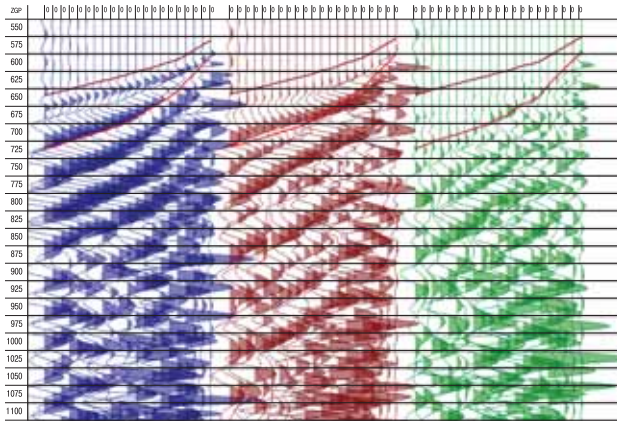
* Синим цветом показана z-компонента, красным — x-компонента, зеленым — y-компонента. Сохранено соотношение амплитуд компонент. На каждом удалении наложены одна на другую суммотрассы при положительном и отрицательном воздействии

Рис.6 Источник горизонтальный модуль, наземная расстановка



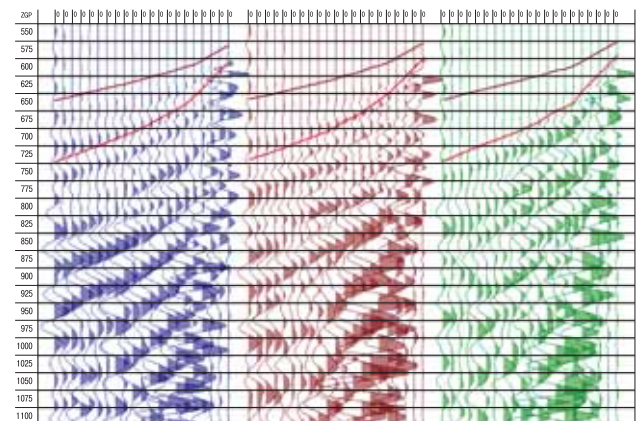
* Синим цветом показана z-компонента, красным — x-компонента, зеленым — y-компонента. Сохранено соотношение амплитуд компонент. На каждом удалении наложены одна на другую суммотрассы при положительном и отрицательном воздействии

Рис.7 Источник СЭМ100П, наземная расстановка



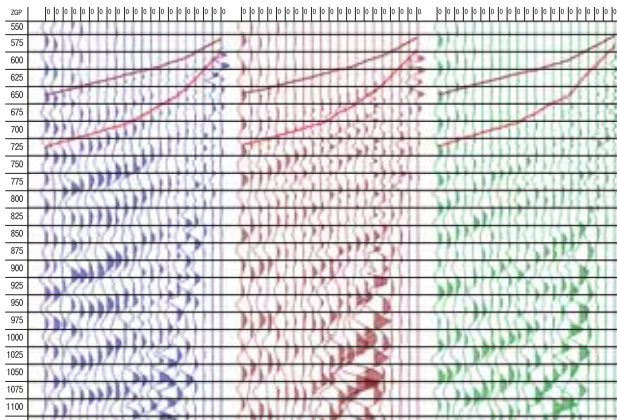
*Синим цветом показана z-компонента, красным — x-компонента, зеленым — y-компонента. Сохранено соотношение амплитуд компонент. Сумма положительного и отрицательного воздействий. Нанесены годографы вступлений продольных и поперечных волн

Рис.8 Источник СЭМ100П, наземная расстановка



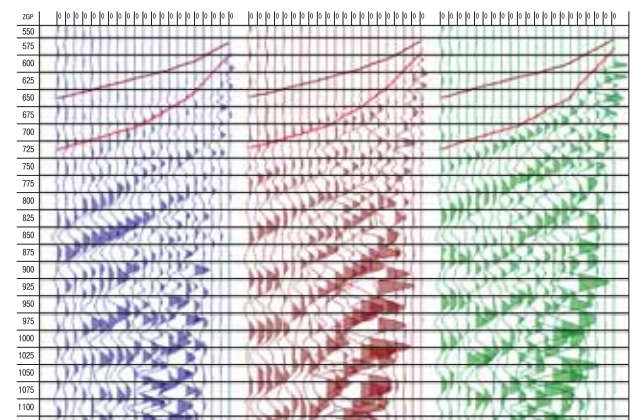
* Синим цветом показана z-компонента, красным — x-компонента, зеленым — y-компонента. Сохранено соотношение амплитуд компонент. Разность положительного и отрицательного воздействий в истинном отношении амплитуд с суммой воздействий. Нанесены годографы вступлений продольных и поперечных волн

Рис.9 Источник горизонтальный модуль, наземная расстановка



*Синим цветом показана z-компонента, красным — x-компонента, зеленым — y-компонента. Сохранено соотношение амплитуд компонент. Сумма положительного и отрицательного воздействий. Нанесены годографы вступлений продольных и поперечных волн

Рис.10 Источник горизонтальный модуль, наземная расстановка



*Синим цветом показана z-компонента, красным — x-компонента, зеленым — y-компонента. Сохранено соотношение амплитуд компонент. Разность положительного и отрицательного воздействий в истинном отношении амплитуд с суммой воздействий. Нанесены годографы вступлений продольных и поперечных волн

тельном и отрицательном воздействии, особенно в первых вступлениях, однако в последующей части записи наблюдаются некоторые различия.

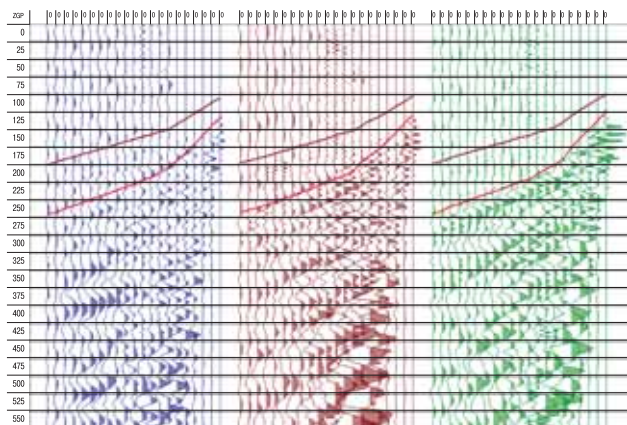
На рис.6 приведено такое же сопоставление воздействий разных знаков источника горизонтального модуля на наземной расстановке на трех компонентах. Также применена трехкомпонентная нормировка, сохраняющая отношение амплитуд

компонент. Видно почти полное обращение формы записи, особенно на горизонтальных компонентах. Такое же обращение характерно для удара по торцу шпалы и свидетельствует о значительном преобладании излучения поперечных волн над продольными.

На рис.7 и 8 показаны, соответственно, сумма и разность разнонаправленных воздействий источника СЭМ100П. Со-

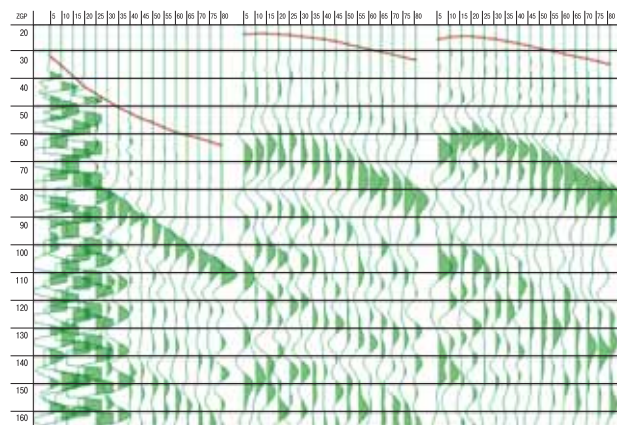
хранено соотношение амплитуд между разностью и суммой. Видно, что сумма воздействий значительно интенсивнее разности. На сумме на z-компоненте в первых вступлениях наблюдается продольная волна, прямая и головная. На последующих временах наблюдаются интенсивные поперечные волны, возможно, в интерференции с обменными. На x-компоненте также отмечается продольная волна,

Рис.11 Источник удар по торцу шпалы, наземная расстановка



*Синим цветом показана z-компонента, красным — x- компонента, зеленым — y-компонента. Сохранено соотношение амплитуд компонент. Разность положительного и отрицательного воздействий. Нанесены годографы вступлений продольных и поперечных волн

Рис.12 Вертикальный профиль, y-компонента, разность воздействий для разных источников



* Применена многоканальная нормировка, сохраняющая на каждой глубине соотношение амплитуд при разных воздействиях. Нанесены годографы первых вступлений продольных волн

видны обменные волны. На y-компоненте до вступления поперечной волны регулярного сигнала практически не обнаруживается, на больших временах регистрируются поперечные волны, интенсивность и регулярность которых растет по мере увеличения удаления. Возможно, что наблюдаемая волновая картина вызвана анизотропией верхней части разреза.

На разности воздействий (рис.8) на временах первых вступлений сигнал отсутствует на всех компонентах. На y-компоненте регистрируется чистая поперечная волна, прямая и головная, что позволяет с высокой точностью определить ее время вступления. На x- и z-компонентах в интервале времен между вступлениями продольных и поперечных волн присутствуют волны с высокими кажущимися скоростями; видимо, это обменные волны типа SP.

На рис.9 и 10 показаны, соответственно, сумма и разность разнонаправленных воздействий горизонтального модуля с сохраненным соотношением амплитуд. Здесь, напротив, разность заметно интенсивнее суммы. На сумме на z-компоненте в первых вступлениях можно проследить продольную волну, на

больших удалениях она теряет-ся в шумах. На последующих временах на x- и z-компонентах также наблюдаются поперечные и, возможно, обменные волны. На y-компоненте регулярный сигнал отсутствует как до вступления поперечной волны, так и на значительном протяжении после него.

На разности воздействий (рис.10) на y-компоненте регистрируется чистая поперечная волна, заметно более интенсивная, чем продольная на сумме воздействий. На x- и z-компонентах также можно отметить сигнал на временах до вступления поперечной волны.

Практически такой же характер имеет разность воздействий ударом по шпале, приводимая здесь для сопоставления (рис.11). Здесь хорошо прослеживается поперечная волна на y-компоненте, и времена ее вступления совпадают с тем, что получается при воздействии испытываемых источников. На x- и z-компонентах регулярные сигналы слабы, и теряются в шумах.

На рис.12 приведено сопоставление разности положительных и отрицательных воздействий различными источниками на вертикальном профиле на y-компоненте. При этом на

каждой глубине сохранено соотношение амплитуд для всех трех источников. Видно, что все источники позволяют получить чистую поперечную волну и определить ее параметры. Возрастание интенсивности сигнала при ударе по шпале связано с тем, что шпала на этом этапе испытаний располагалась на устье скважины, в то время как источники имели удаление около 40 метров. Несмотря на значительно большую общую интенсивность воздействия источника СЭМ100П, излучаемая энергия поперечных волн у всех источников сравнима.

Такими образом, предварительные результаты обработки данных проведенных испытаний демонстрируют работоспособность обоих представленных макетов источников поперечных волн. Оба источника посредством вычитания разнонаправленных воздействий позволяют получить достаточно чистую поперечную волну. Опираясь на полученные результаты, ЗАО «ГЕОТЕК Холдинг» продолжит работы в этом направлении. В марте 2013 года предполагается выпустить опытный образец невзрывного импульсного источника монотипных поперечных волн.