

Пространственные системы наблюдений в методе ВСП

Г.А. Шехтман (ГФУП «ВНИИГеофизика», Москва)

Three-dimensional acquisition geometries in the VSP method

G.A. Shekhtman (VNIIGEOFIZIKA)

Аннотация. *Пространственными* системами наблюдений (ПСН) в методе ВСП можно считать любые системы, позволяющие получить информацию о структуре околоскважинного пространства и свойствах среды в различных направлениях от скважины. При этом *дискретные* ПСН могут быть сформированы из непродольных вертикальных профилей с фиксированными ПВ (НВСП), при которых ПВ расположены в существенно различных азимутах от скважины. *Профильные* ПСН могут быть сформированы из профильных модификаций метода ВСП (уровневое ВСП или ВСП с подвижным источником колебаний). Сочетание дискретных и профильных модификаций ВСП также способно обеспечить решение задач, на которые нацелены ПСН, - изучение геометрии сейсмических границ и изменения свойств коллектора в околоскважинном пространстве. Дискретные и профильные ПСН предполагают, как правило, проведение наблюдений при положении ПВ, расположенных вдоль лучей, веерообразно расходящихся от устья скважины или от проекции центра интервала приема в скважине на дневную поверхность (в искривленных скважинах). Недостатком таких систем является невозможность достаточно равномерного освещения целевого объекта отраженными волнами. Использование *площадных* ПСН позволяет справиться с этой задачей, однако приводит к значительным трудозатратам на этапе проведения полевых работ и при обработке записей. В докладе рассматриваются преимущества и недостатки различных ПСН в методе ВСП и приводятся примеры решения геологических задач такими системами в условиях сложно построенных сред. Рассматривается вопрос о путях повышения точности при выборе модели скоростей для формирования изображения среды.

Abstract. Any acquisition geometry in the VSP method may be considered as three-dimensional one (3D VSP) if it allows one to get information in different directions from the borehole about the near-borehole structure and medium characteristics. Herein *discrete* 3D VSP geometry may be formed from the offset VSP's with fixed shot points (SP), at which SP's are situated in appreciably different azimuths from the borehole. *Profile* 3D VSP's may be formed from the profile modifications of the VSP method (walk-away VSP and moving source VSP). A combination of the discrete and profile VSP modifications makes it possible to consider the problems whose solution is the 3D VSP goal: studying seismic boundaries geometry and alterations of reservoir characteristics near the

borehole. Discrete and profile 3D VSP's include, as a rule, acquiring data with SP positions, which are situated along rays which are fanned out from the rig or from projection of the center of receivers interval on the day surface (in deviated boreholes). A disadvantage of such acquisition geometries is impossibility to illuminate equally the target object with reflected waves. Using of *areal* 3D VSP's allows handling this problem, but leads to significant labour inputs at the field stage and during processing of the records. Advantages and disadvantages of different 3D VSP modifications are considered in the presentation and examples of solving geological tasks in complex constructed media are given. Lines of attack on the problem of increasing the velocity model accuracy for forming the seismic images are considered.

Для изучения пространственного объекта, расположенного в околоскважинном пространстве, принципиально могут быть использованы любые известные модификации *дискретного ВСП* (ВСП с фиксированных ПВ) при условии, что путем соответствующего проектирования систем наблюдений с учетом априорной информации целевой объект должным образом будет освещен волнами определенного типа и класса. Задача надлежащего освещения объекта становится более сложной, если применяемая технология нацелена на получение изображения объекта, а не его параметров - сейсмических скоростей и геометрии границ. Ясно, что при недостаточной плотности расположения точек отражения на изучаемой границе преобразование записей в изображение не обеспечит хорошего качества последнего и высокой разрешенности по латерали. Именно за счет высокой плотности наблюдений и максимальной разрешенности по вертикали может быть реализована высокая пространственная разрешенность результатов.

Профильные модификации ВСП (уровневое ВСП и ВСП с подвижным источником колебаний), способные реализовать пространственную систему наблюдений, позволяют обеспечить освещение отраженными волнами исследуемого объема среды, однако это освещение трудно сделать достаточно равномерным в пределах намеченных сечений целевого объекта. Равномерно осветить изучаемый объект отраженными волнами позволяют лишь специально предназначенные для площадного ВСП системы наблюдений. Однако эти системы вполне могут опираться на закономерности, присущие различным профильным модификациям ВСП.

Площадная система наблюдений может быть реализована в виде параллельных между собой профилей, расстояние между которыми равно шагу между соседними ПВ, расположенными на каждом из профилей. Другой вариант – система концентрических кольцевых профилей, расположенных вокруг исследуемой скважины. Эту систему применяют на труднодоступных залесенных участках. В результате кольцевых наблюдений в качестве трехмерных изображений получают не куб, а цилиндр информации, окружающий скважину.

При изучении сложно построенных сред, характеризующихся не только угловыми, но и азимутальными несогласиями, преобразование записей ВСП во временные и (или) глубинные разрезы путем двумерной миграции оказывается некорректным. Но даже для субгоризонтальных моделей сложный характер исследуемых объектов заставляет отдавать предпочтение объемным, или площадным, системам наблюдений с целью оконтуривания этих объектов в наземной и скважинной сейсморазведке. *Площадные наблюдения* с последующим преобразованием записей в срезы и объемные изображения геологической среды являются одним из направлений в сейсморазведке, методология которого адекватна повышенному уровню сложности геологического строения среды.

В отличие от наземной сейсморазведки, любая модификация ВСП потенциально обладает более высокой пространственной разрешающей способностью, обусловленной, прежде всего, приближением к изучаемому объекту и более высокой относительной интенсивностью высокочастотных компонент в рабочем диапазоне частот. Учитывая это, можно ожидать, что на объемных изображениях, полученных при площадном ВСП на отраженных волнах, геологические объекты со сложной конфигурацией границ будут отображаться более отчетливо, что позволило бы расширить класс экономических рентабельных ловушек углеводородов сложного строения, в том числе малоамплитудных, малоразмерных, а также ловушек неструктурного типа.

В докладе рассматриваются достоинства и недостатки различных модификаций пространственных систем наблюдений в методе ВСП: дискретных, профильных и площадных. Приводятся примеры решения геологических задач при помощи пространственных систем наблюдений метода ВСП в различных сейсмогеологических условиях. Рассматриваются вопросы выбора модели скоростей, используемой при изучении околоскважинного пространства, и приводятся примеры грубых ошибок в определении модели скоростей, обусловленных неучетом геометрии границ, расположенных в покрывающей толще.

В докладе рассмотрен важный в методическом плане вопрос о соответствии модели, полученной путем решения обратной пространственной кинематической задачи, изображению среды, полученному путем миграции записей ВСП. На рис. 1 в качестве примера показан результат решения пространственной кинематической задачи (рис. 1, сверху) в виде разреза, на котором показаны пластовые скорости и несогласно залегающие сейсмические границы, геометрию которых определяли одновременно со значениями пластовых скоростей. Это направление (определение сейсмических параметров путем решения обратной задачи, получило в сейсморазведке название *сейсмоизмерения*). Соответствующий этому же сечению изучаемой среды волновой сейсмический разрез, полученный путем миграции записей ВСП с подвижным источником колебаний (ВСП-ПИ), приведен на рис. 1 (снизу). Это направление, предполагающее формирование изображений среды,

называют *сейсмовидением*. Можно видеть, что поведение наклонной границы, являющейся кровлей соляного купола (на рис. 1 (снизу) соляное тело показано стрелкой), на обоих результатах качественно совпадает, что подтверждает достоверность полученного результата.

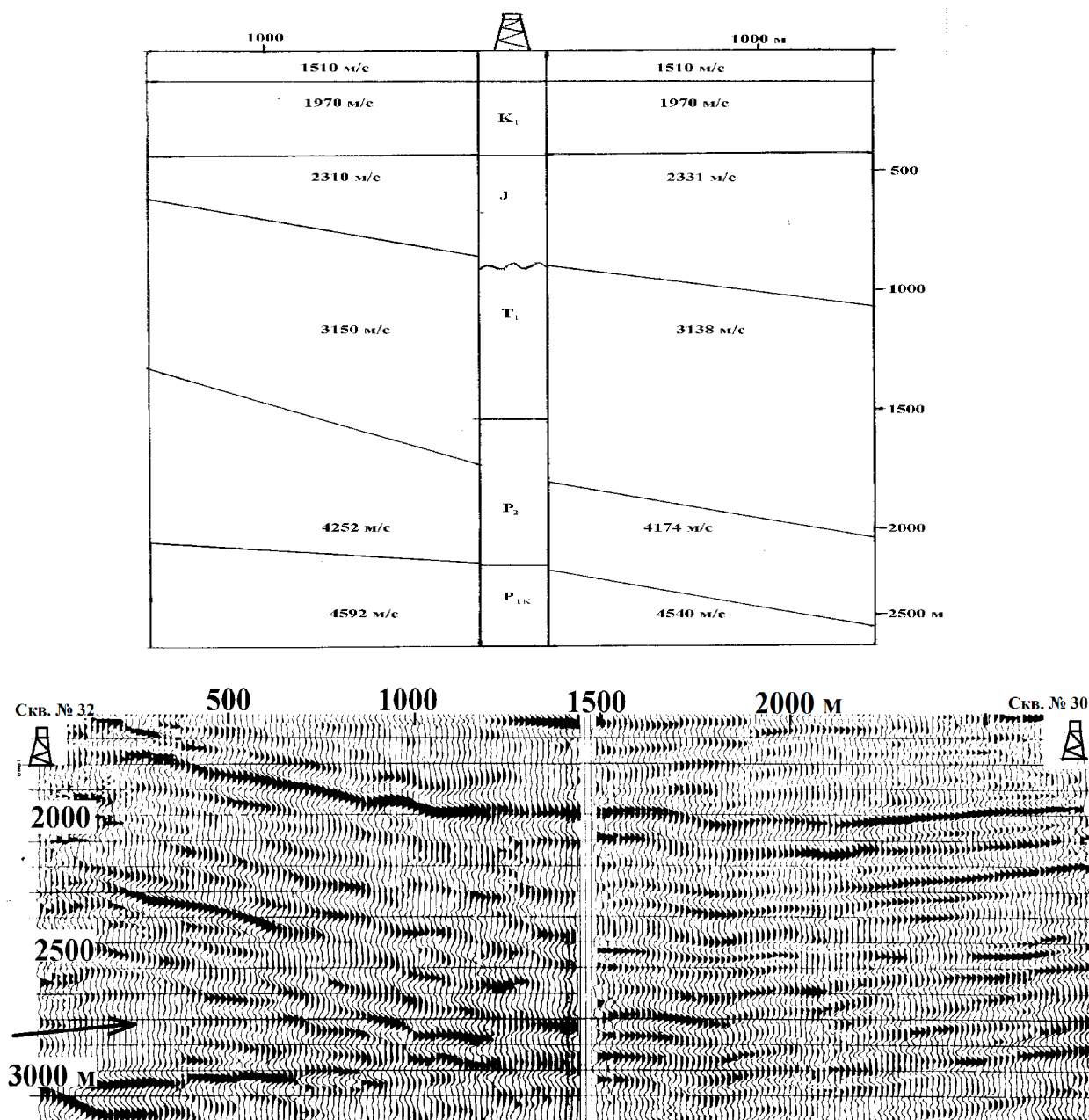


Рис. 1. Модель среды, построенная в результате решения пространственной обратной кинематической задачи, и фрагмент глубинного разреза ВСП-ПИ. Стрелкой указано соляное тело. Участок Жанажол (Казахстан).