

Проблемы постановки сейсмических исследований в транзитных зонах севера Западной Сибири

Кузнецов В.И., ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень

Геологические задачи, стоящие перед сейсморазведкой, постоянно усложняются. В связи с уменьшением фонда крупных месторождений, требуется изучение малоразмерных как по латерали, так и по вертикали, геологических объектов. Ловушки углеводородов по современным представлениям, как правило, являются неструктурными со сложным распределением свойств в пространстве. Соответственно, для оптимизации процесса разведки и рентабельной разработки месторождений нефти и газа необходима как можно более достоверная информация. Основным источником этой информации в межскважинном пространстве на сегодня является сейсморазведка 2Д, 3Д, как наиболее детерминированный метод из всех геофизических методов. Следует отметить, что и сейсморазведка имеет свои граничные условия применения и ограничения по разрешающей способности метода. Например, даже в благоприятных условиях мы не можем обеспечить разрешающую способность для глубин около трех километров в терригенном разрезе Западной Сибири менее 5-7 метров по вертикали и менее первых десятков метров по латерали. Поэтому, идет постоянная работа по повышению качества результатов работ за счет аппаратуры, программного обеспечения, технологии работ, соблюдения технологической дисциплины. Дополнительные трудности возникают при работе в сложных поверхностных условиях, в частности, в данной статье речь пойдет об исследованиях нефтегазовых объектов с использованием сейсморазведки в транзитных зонах или зонах перехода сушаморе. Решение этого вопроса позволит существенно повысить эффективность геофизических исследований для задач поиска, разведки и разработки месторождений.

Проблема исследования территорий с наличием водных акваторий, прилегающих к суше, стоит достаточно давно. Обычно имеются в виду мелководные акватории, прилегающие к побережью морей, перспективные на наличие углеводородов. Поэтому первые опыты по изучению так называемой «транзитной зоны» сейсмическими методами базировались исключительно на технологиях морской сейсморазведки (Дресвянская площадь в Печорской губе, шельфовое продолжение Харасавейского месторождения). Хотя, по определению, технология работ должна включать в себя элементы как морских, так и сухопутных работ.

Применительно к условиям Западной Сибири к транзитным зонам можно отнести районы с наличием крупных озер, Обскую, Байдарацкую и Тазовскую губы. Толщина водного слоя в этих водоемах не превышает первых метров и, естественно, о применении элементов морской сейсморазведки не может быть и речи. С позиций сейсморазведки транзитная зона - это акватория, где применение буксируемой мор-

ской сейсмодоски невозможно из-за малых глубин; правильное согласование геофонов со средой значительно затруднено, использование взрывчатых веществ в качестве источника запрещено, применение пневмоисточника неэффективно, а обычный вибросейсмический источник не даст нужного эффекта из-за слабости грунта. Кроме того, это и зона, где повышаются требования к экологической безопасности работ, и возрастает сложность их организации.

Одной из наиболее существенных методических проблем, связанных с проведением сейсмических работ в транзитных зонах, является более детальное изучение неоднородностей верхней части разреза и определение статических поправок. На суше информацию о верхней части разреза обычно дают сейсмокаротажные исследования в неглубоких скважинах и специальные работы методом преломленных волн. Используется также изучение параметров волн в начальной части обычных сейсмограмм. На мелководье, ввиду отсутствия скважин, основным методом изучения верхней части разреза является сейсморазведка отраженными и преломленными волнами, часто с привлечением дополнительных методик и технических средств.

Отличительной особенностью сейсморазведочных работ в переходных зонах является также многовариантность используемых технических средств: различные источники сейсмических сигналов - пневмоисточники и динамит, различные сейсмические приемные устройства - группы геофонов и гидрофонов. Для взаимной увязки сейсмических данных, полученных разными техническими средствами, необходимо предусматривать перекрытие наблюдений и увязку данных, полученных с использованием различных технических средств.

В статье рассматриваются все эти аспекты на примере съемки 2Д-3Д сейсморазведки Юрхаровского месторождения, расположенного в районе Тазовской губы Западной Сибири.

90% запасов Юрхаровского месторождения расположено в акватории Тазовской губы. При этом, в сухопутной части месторождения развиты многолетнемерзлые породы (ММП) мощ-

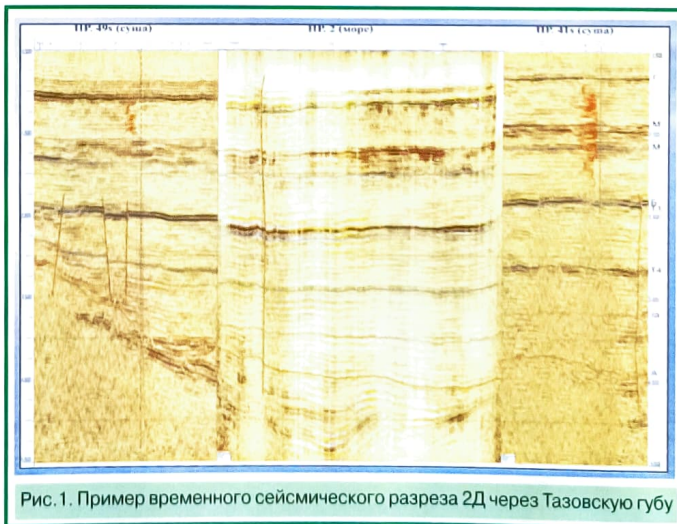


Рис. 1. Пример временного сейсмического разреза 2Д через Тазовскую губу

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ТЕХНОЛОГИИ



Рис.2. Пример сейсмограмм ОПВ при регистрации на приемную косу с расположением каналов в воде и на берегу (возбуждение группой морских источников)

ностью в сотни метров, а в акватории – зона растепления. Глубина Тазовской губы меняется от 0,5 до 5 м. Для того, чтобы построить связную геологическую модель, необходимо было применить технологии исследования транзитных зон как в летнем, так и в зимнем варианте с учетом специфики проведения работ в Заполярье. Отдельной проблемой являлась совместная обработка данных сухопутной и морской сейсморазведки, с тем, чтобы исключить огромные вариации скоростей в верхней и глубинной части разреза, приводящие к существенным искажениям поля изохрон. На рис.1 приведен пример разреза 2Д через Тазовскую губу, иллюстрирующий искажения волновой картины, связанные с зоной растепления под водоемом, и различия в «качестве» материалов сухопутной и морской сейсморазведки при стандартной постановке полевых работ и обработки. К этому следует добавить наличие «дыры» шириной в первые километры, связанной с тем, что морской профиль не доходил до берега, а сухопутный профиль не «выходил» на лед. Отличия в волновой картине связаны с отличиями источников сейсмических колебаний – как по энергии, так по форме сигнала.

На первом этапе были выполнены летние

полевые работы в акватории Тазовской губы по технологии отработки транзитных зон (исполнитель «Севморгео»). Поскольку часть приемной расстановки располагалась на берегу, то были использованы двухкомпонентные (геофон + гидрофон) донные косы в варианте телеметрического приема.

Минимальная глубина, на которую могло заходить судно с источником сейсмических колебаний, составляла 1,5 м., что обусловило наличие значительных зон набора кратности. Для уменьшения площади таких зон в прибрежной зоне проводилось сгущение линий пунктов возбуждения, что позволило, кроме этого, существенно повысить окончательную кратность накопления по ОГТ (местами – до двухсот) и, соответственно, увеличить соотношение сигнал/помеха. Следует отметить, что, не смотря на все предпринятые меры, качество материалов в акватории губы существенно уступает наземным данным как по соотношению сигнал/помеха, так и по частотному составу и по уровню шумов. Связано это, по мнению автора, в первую очередь, с отсутствием специализированного сейсмического источника колебаний для условий мелководья. Использовалась группа достаточно хороших источников,

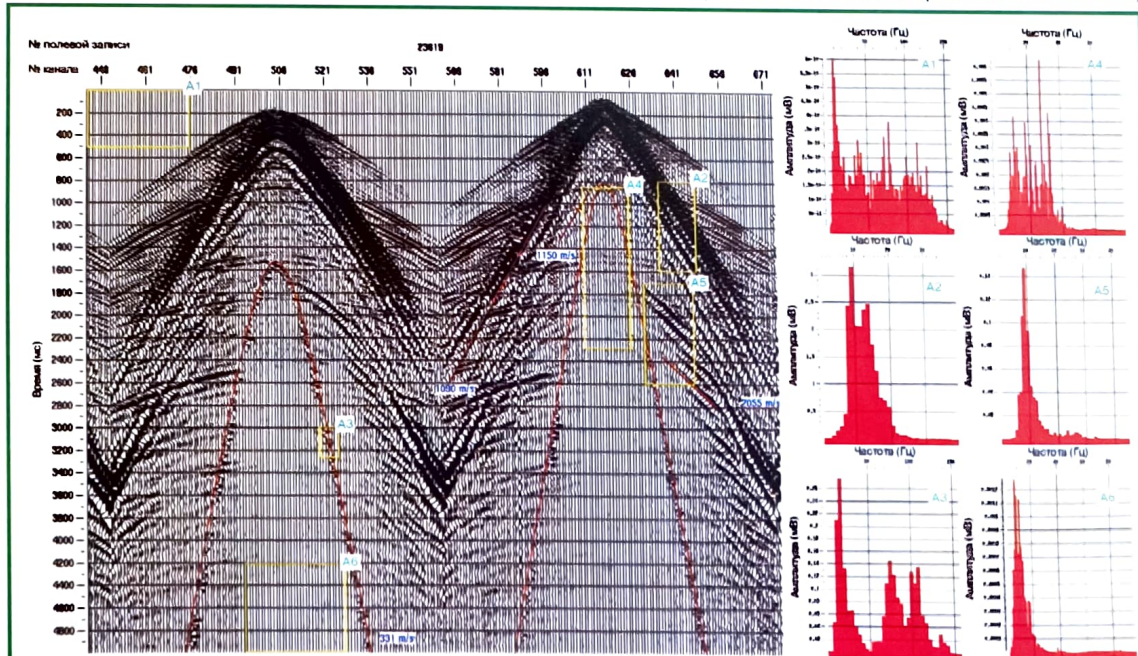
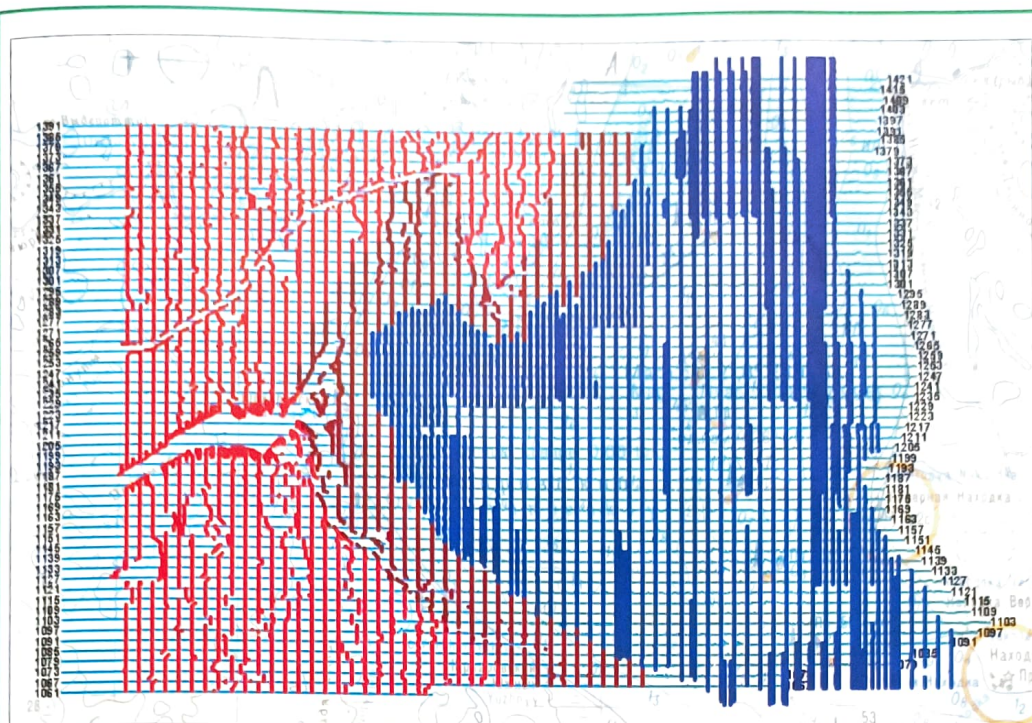


Рис.3. Пример полевых сейсмограмм общего пункта возбуждения и их амплитудно – частотных спектров с наземного участка Юрхаровского месторождения (взрывной источник)



Условные обозначения:

- | Источники | Приемники |
|-------------------------|--------------|
| ● - взрывной источник | ● - геофон |
| ● - импульсный источник | ● - гидрофон |
| ● - пневмопушка | |

Рис.4. Фактическое результирующее поле пунктов приема и возбуждения летне-зимних работ в транзитной зоне

но для стандартных морских работ с глубиной водной толщи не менее шести метров. В результате летних работ получено около 160 кв. км. 3Д съемки с кратностью от 42 до 200 и размером бина 25x25 м. Пример полученных сейсмограмм ОПВ при регистрации на приемную косу с расположением части каналов в воде, а части каналов – на берегу, дан на рис.2. Отмечается пониженное качество регистрации в наземной части расстановки, что связано с ветровой помехой и условиями «летней» установки приборов.

Специфические климатические условия района проведения работ позволили уже через три месяца реализовать «стыковочные» зимние работы по технологии транзитных зон. Технология включает в себя максимальный выход с приемной расстановкой на лед. В качестве источника использовались взрывы в скважине, что позволило получать данные высокого качества. На участках водоохраных зон и охранных зон газопроводов, где запрещено использование взрывных источников сейсмических волн, использованы невзрывные импульсные электродинамические источники («Енисей»). Кроме того, эти источники выходили на лед в случае промерзания воды до дна. При наличии водного слоя работы не проводились из-за требований безопасности и резкого ухудшения соотношения сигнал/помеха. Приемные линии и линии возбуждения располагались с перекрытием или с продолжением по отношению к линиям приема и возбуждения летних работ, что позволило получить полное перекрытие по

«ковру» кратности летних и зимних работ. На рис.3 приведен пример полевых сейсмограмм общего пункта возбуждения зимних транзитных работ в сухопутной части Юрхаровского месторождения. Параметры возбуждения группы невзрывных источников определялись, естественно, опытным путем. Отмечается закономерное ухудшение качества данных по сравнению с взрывным источником, а также, наличие сильной волны – помехи при возбуждении и регистрации на льду. Очевидно, следует учесть опыт работ в канадской Арктике и рекомендовать на будущее делать распилы льда со стороны приемной расстановки, что существенно уменьшает амплитуду волны – помехи. Некоторое ухудшение качества данных сейсморазведки связано с техногенным фактором, поскольку работы проводились в условиях работающего промысла.

В результате проведенных зимних работ получен массив данных с номинальной кратностью 42 и размером бина также 25x25м. Фактическое результирующее поле пунктов приема и возбуждения летне-зимних работ приведено на рис.4. Разными цветами показаны различные типы приемников и источников, использованные при реализации проекта.

Результат достаточно уникальный, поскольку за счет комплекса методических приемов работы в транзитных зонах в условиях сложнейших поверхностных условий Заполярья удалось получить сплошной массив 3Д данных.

Не менее сложная задача состоит в обработке таких материалов, так как кроме разно-

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ

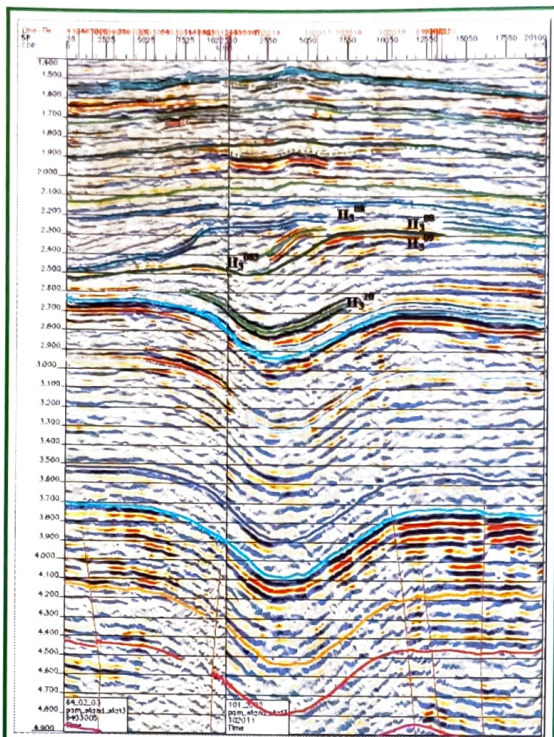


Рис.5. Пример временного разреза через наземную и морскую части Юрхаровского месторождения

родности из-за различных параметров источников, условий возбуждения, регистрирующей аппаратуры, условий приема, существует трудно решаемая задача учета неоднородностей в верхней части разреза в случае развития многолетнемерзлых пород.

После применения комплекса методических приемов обработки (исполнитель «Пургеофизика»), включающего в себя фазо-частотные коррекции, обработку с сохранением истинных соотношений амплитуд, учет дефицита скоростей за счет отсутствия зоны ММП под акваторией Тазовской губы, компенсацию средне и высокочастотных аномалий в ВЧР, удается получить временные разрез достаточно высокого качества.

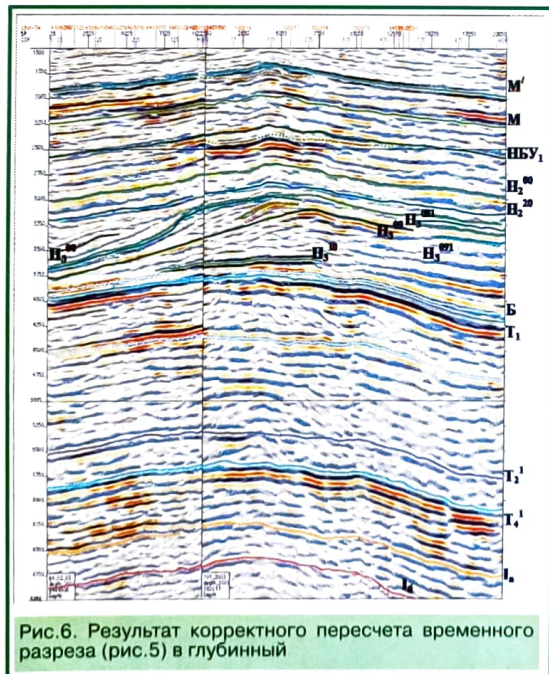


Рис.6. Результат корректного пересчета временного разреза (рис.5) в глубинный

На рис.5 дан пример временного разреза через наземную и морскую части Юрхаровского месторождения. Как видно из рисунка, практически не заметна линия перехода суша-море (показана вертикальной линией), т.е. удается скомпенсировать значительную часть неоднородности полевого материала и добиться динамической выразительности. Отмечается некоторое понижение частоты записи в глубоких интервалах разреза в морской части разреза. Наиболее яркий «структурный» элемент на сейсмическом временном разрезе – это так называемая инверсионная структура в нижнемеловом и юрском интервалах (время $T_0 = 2300-4700$ мс.) На самом деле этот элемент волновой картины связан с низкоскоростными аномалиями, которые, в свою очередь, обусловлены наличием залежи углеводородов и зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в нижнемеловом интервале геологического разреза. После скоростного анализа и корректного пересчета временного сейсмического разреза в глубинный, получаются более «правильные» разрез (рис. 6), подлежащие интерпретации и позволяющие решать сложные геологические задачи.

По мнению автора, разработанный и примененный на Тазовской губе комплекс летне-зимних работ для условий транзитных зон севера Западной Сибири позволяет решать проблемы транзитных зон для этого региона с получением материалов 3Д сейсморазведки высокого качества.

Это дает возможность решать стоящие перед геофизиками важные задачи прогноза свойств сложнопостроенных ловушек нефти и газа, расположенных в районах со сложными поверхностными условиями. Накопленный опыт будет применен, в частности на еще одном объекте компании «НОВАТЭК» – Южно-Тамбейском месторождении, которое расположено за 71 градусом северной широты и на 30% залегает под акваторией Обской губы.

Работы предполагаются с использованием многокомпонентных донных кос, т.е. по технологии 3Д-4С. Также, в компании НОВАТЭК планируются работы по технологии многоволновой сейсморазведки в транзитной зоне участка Эль Ариш средиземноморского шельфа Египта.

По мнению автора статьи, проведенные исследования и разработанная технология работ позволили повысить качество и достоверность получаемых в транзитных зонах материалов сейсморазведки, что, соответственно, повышает достоверность создаваемых с использованием этих данных геологических и гидродинамических моделей и, как следствие, экономическую эффективность деятельности компании.

Этот опыт может быть использован другими компаниями и распространен на другие участки. Например, при работах в акваториях многочисленных озер, находящихся на территории Западной Сибири. На сегодня, при использовании стандартных технологий сейсморазведочных работ на таких участках получают нерегулярность по характеристикам системы наблюдений (кратность накопления, спектр удалений, азимутов в бине), что приводит к понижению достоверности и качества окончательных материалов исследований.